

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra ochrany obyvatelstva

Určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury

Disertační práce

pro získání akademického titulu „doktor“, ve zkratce „Ph.D.“

Autor:	Ing. Petr Novotný
Školitel:	doc. Ing. David Řehák, Ph.D.
Studijní program:	P3908 - Požární ochrana a průmyslová bezpečnost
Studijní obor:	3908V009 - Požární ochrana a bezpečnost

Ostrava 2017

Abstrakt

NOVOTNÝ, Petr. *Určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury*. [Disertační práce]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2017. 147 s.

Disertační práce se zabývá problematikou určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury. Práce je koncipována do tří navazujících částí. V rámci teoretické části je provedena deskripce historického vývoje infrastruktury, vývoje přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury a systému určování kritické infrastruktury v České republice. Analytická část je zaměřena na analýzu přístupů k určování regionální kritické infrastruktury ve vybraných zemích a analýzu technik a nástrojů používaných pro analýzu infrastruktur.

Stěžejní částí práce je návrh systému určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury. V rámci tohoto systému jsou navrženy dva přístupy, a to konzervativní založený na hodnocení prvků způsobem „top-down“ a progresivní založený na hodnocení prvků způsobem „bottom-up“. Pro konzervativní přístup byla v rámci disertační práce navržena průřezová kritéria pro hodnocení prvků regionální kritické infrastruktury. Oproti tomu u přístupu progresivního byla provedena validace, jejíž podstatou je prokázání jeho funkčnosti a možnosti praktického uplatnění.

Klíčová slova: Kritická infrastruktura; systém; proces; prvky; subjekty; určování; regionální úroveň.

Abstract

NOVOTNÝ, Petr. *Designation process of regional critical infrastructure subjects and elements*. [Dissertation Thesis]. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering, 2017. 147 p.

Dissertation thesis is focused on problematics of designation process of regional critical infrastructure subjects and elements. Dissertation is designed for three related parts. Theoretic part obtains description of infrastructure historical development and development of approach to critical infrastructure research and designation system of critical infrastructure in the Czech Republic. Analytical part is focused on analysis of approaches to regional critical infrastructure designation in selected countries of the World and analysis of tools and methods using for infrastructure analysis.

Crucial part of dissertation is proposal of designation system of regional critical infrastructure subjects and elements. There is designed two approaches within this system. First approach is conservative and it is based on top-down elements assessment. On the other hand, second approach is progressive and it is based on bottom up elements assessment. There is proposal of cross-cutting criteria for assessment of regional critical infrastructure elements within conservative approach. Finally, there is realized validation of progressive approach. Nature of validation is demonstration of progressive approach functionality and possibility of practical using.

Keywords: Critical Infrastructure; System; Process; Elements; Subjects; Designation; Regional Level.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně podle pokynů školitele s použitím literatury uvedené v soupisu bibliografických citací a v souladu se Studijním řádem.

V souladu s § 47b zákona 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním celé disertační práce prostřednictvím informačního systému VŠB – TU Ostrava umožňujícího dálkový přístup.

Jsem seznámen s tím, že na mou disertační práci se vztahuje zákon 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že VŠB – TU Ostrava nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu VŠB – TU Ostrava (§ 35 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti VŠB – TU Ostrava; v tomto případě má VŠB – TU Ostrava právo požadovat ode mne úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše (§ 60 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

V Ostravě 28. dubna 2017

Ing. Petr Novotný

Děkuji doc. Ing. Davidu Řehákovi, Ph.D. za ochotu, odborné vedení, cenné rady, připomínky a značnou podporu při zpracování disertační práce. Zároveň patří poděkování všem dalším osobám, které byly ochotny přispět svými cennými radami a podněty ke zvýšení kvality této práce.

Obsah

Úvod	9
1 Rešerše literatury	11
1.1 Strategické a koncepční dokumenty	11
1.2 Odborné literární zdroje	13
1.3 Právní úprava a technické normy	19
1.4 Významné projekty	20
2 Teoretické vymezení řešené problematiky	24
2.1 Vymezení vztahu společnosti a kritické infrastruktury	24
2.2 Historický vývoj infrastruktury	26
2.2.1 Historické souvislosti	26
2.2.2 Vývoj kritické infrastruktury	27
2.3 Vývoj přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury	31
2.4 Systém určování kritické infrastruktury v České republice	34
2.4.1 Určování národní kritické infrastruktury	34
2.4.2 Určování evropské kritické infrastruktury	37
2.5 Úrovně kritické infrastruktury	38
2.6 Dílčí závěr	40
3 Cíl a omezení disertační práce	42
4 Metodologie disertační práce	44
4.1 Obecné metody	44
4.2 Specifické metody	45
5 Analýza řešené problematiky	47
5.1 Analýza přístupů k určování regionální kritické infrastruktury ve vybraných zemích	47
5.1.1 Švýcarsko	47
5.1.2 Nizozemsko	51
5.1.3 Velká Británie	53
5.1.4 Nový Zéland	57
5.2 Analýza technik a nástrojů používaných pro analýzu infrastruktur	60
5.2.1 Analýza systému	61
5.2.2 Analýza chování	65
5.2.3 Dobývání znalostí a vizualizace	73
5.2.4 Další vybrané přístupy k analýze infrastruktur	76
5.3 Dílčí závěr	80
6 Systém určování regionální kritické infrastruktury	81
6.1 Rámec ochrany prvků kritické infrastruktury	81
6.1.1 Výběr přístupu	81
6.1.2 Určování prvků	82

6.1.3	Posuzování resilience a rizik prvků.....	83
6.1.4	Ochrana prvků.....	84
6.2	Systém určování prvků kritické infrastruktury	84
6.2.1	Proces určování prvků konzervativním přístupem	84
6.2.2	Průřezová kritéria pro hodnocení prvků konzervativním přístupem	86
6.2.3	Proces určování prvků a subjektů progresivním přístupem	96
6.3	Příklad praktické aplikace systému určování prvků kritické infrastruktury progresivním přístupem.....	105
6.4	Shrnutí a diskuse.....	117
7	Závěr	119
	Bibliografické zdroje.....	121
	Glosář pojmů	136
	Seznamy obrázků a tabulek	140
	Seznam zkratk.....	143
	Seznam vlastních prací autora	145

Úvod

Lidská společnost si již od nepaměti uvědomuje důležitost zajištění přijatelného a bezpečného prostředí pro svůj život. Z toho důvodu bylo vždy důležité postarat se o zajištění základních životních potřeb, a to např. dělbou práce či na základě postupného technologického vývoje (Mozga a Kovářík, 2010). S přicházejícím vývojem společnosti docházelo k rozšiřování dalších infrastruktur různé důležitosti. Společnost si postupně uvědomovala důležitost těchto infrastruktur a význam jejich ochrany postupně rostl (Kathi, 2006). Základním požadavkem pro zachování a rozvoj ekonomiky států (nejen v rámci Evropské unie) a udržování potřebné úrovně blahobytu společnosti je zajištění kontinuálních dodávek komodit a služeb prostřednictvím systému infrastruktur (Frangopol et al., 2014).

Infrastruktury mohou být členěny na základě funkčních specifik (Fekete, 2011) na technické (např. energetika, doprava) a socioekonomické (např. zdravotnictví, finanční trh). Jednotlivé infrastruktury pak nabývají svého významu jak z hlediska rozlohy a hodnoty území, pro které služby poskytují (evropské, národní, regionální), tak i z pohledu důležitosti či nepostradatelnosti daných služeb (Zelená kniha, 2005; Směrnice, 2008). Infrastruktury se také stávají čím dál tím více vzájemně propojenými (zejména informační infrastrukturou) a v některých případech i vzájemně závislými (Pederson, 2006).

V souvislosti s hospodářským rozvojem byla kvalita infrastruktur a rozvoj společnosti chápán jako totéž (Mozga a Kovářík, 2010). Obdobně z hlediska historických souvislostí na našem území docházelo v minulém století ke „zodolňování národního hospodářství“, což lze vykládat jako zvyšování kvality infrastruktur. Postupem času bylo zjišťováno, že některé infrastruktury jsou důležitější, tzn. klíčové neboli „kritické“ a tyto byly sdružovány pod pojem „kritická infrastruktura“. Samotný termín „kritická infrastruktura“ byl ve světových zemích v širší míře zaveden až v průběhu 90. let minulého století (Critical Foundations, 1997).

Funkčnost těchto infrastruktur a zabezpečení kontinuálních dodávek produktů a služeb, které poskytují, je neustále vytavena působení přírodních a antropogenních hrozeb (Global Risk, 2014). To je důvodem, proč je vybraným, životně důležitým až kritickým infrastrukturám věnována čím dál tím větší pozornost (Commission Staff, 2013), stejně tak jako metodám analýzy jejich rizik (Lukáš a Hromada, 2011), hodnocení kritických prvků a jejich ochraně (Hromada et al., 2012).

Současný model hodnocení kritické infrastruktury na úrovni Evropské unie není nikterak pružný a obdobně i stávající systém na úrovni národní (tedy České republiky). Zároveň není nastaven systém přímého určování subjektů a prvků

regionální kritické infrastruktury. Absence kritérií pro určování subjektů a prvků regionální kritické infrastruktury zároveň znemožňuje identifikaci kritické infrastruktury dané úrovně. Možnost hodnocení kritické infrastruktury na regionální úrovni je v tomto kontextu zcela opomíjena. Z toho důvodu schází komplexní systém, který by mohl sjednocovat postupy pro určování prvků (a subjektů) kritické infrastruktury na regionální úrovni.

Vytvoření komplexního systému pro určování prvků kritické infrastruktury regionální úrovně by přispělo ke zlepšení kontinuity dodávek služeb společnosti. Zároveň by tak došlo ke zvýšení bezpečnosti řešeného území jako celku. Zajištění vyšší úrovně bezpečnosti v regionu může pozitivně ovlivňovat jeho budoucí rozvoj. V neposlední řadě také pozitivně přispěje ke zvýšení bezpečnosti na hierarchicky vyšší úrovni (tedy na úrovni národní).

1 Rešerše literatury

Příprava disertační práce byla zaměřena na rešerši primárních a sekundárních zdrojů. Z důvodu přehlednosti byly tyto materiály rozděleny do čtyř částí. První z nich je zaměřena na strategické a koncepční materiály, jež měly vliv na změnu pohledu na problematiku kritické infrastruktury. Druhou část tvoří odborné literární zdroje, jež se věnují problematice kritické infrastruktury a jejichž základní myšlenky je možno využít pro řešení disertační práce. Třetí částí je rešerše právní úpravy vztahující se k problematice kritické infrastruktury. Z hlediska vědy nikterak právní úpravy nelimitují její možnosti, avšak právní pohled na problematiku kritické infrastruktury je občas dosti odlišný od pohledu vědeckého. Čtvrtou a poslední částí jsou poté vybrané významné projekty, které se zabývají předmětnou oblastí a jejichž výstupy mohou být využitelné pro řešení disertační práce.

1.1 Strategické a koncepční dokumenty

Do této kategorie jsou zařazeny základní dokumenty, které se věnují problematice kritické infrastruktury. Zároveň jsou zde zmíněna i sdělení orgánů Evropské unie, jelikož tyto dokumenty mají spíše charakter strategický nežli charakter závazných právních aktů.

Prvním dokumentem je zpráva prezidentské komise o ochraně kritické infrastruktury, v originále **Critical Foundations: Protecting America's Infrastructures, The Report of the President's Commission on Critical Infrastructure Protection** (1997). Zpráva obsahuje základní shrnutí a nezbytné předpoklady pro ochranu kritické infrastruktury ve Spojených státech amerických. Zároveň je zde zmíněna problematika šíření hrozeb a rostoucí závislosti napříč kritickou infrastrukturou, dále sdílení odpovědnosti a taktéž nutnost rozvíjení „public-private“ partnerství. Určené sektory kritické infrastruktury jsou v příloze zařazeny do pěti oblastí a u každé z nich rozebrány hrozby, zranitelnost, závěry a doporučení.

Oblast kritické infrastruktury a její ochrany začala být řešena na území Evropské unie později, nežli tomu bylo ve spojených státech amerických. Dokument **Ochrana kritické infrastruktury při boji proti terorismu** (Sdělení komise, 2004) obsahuje přehled strategických opatření, která na jedné straně již byla prováděna a na straně druhé byla navrhována pro posílení nástrojů a plnění úkolů v oblasti ochrany kritické infrastruktury. V kontextu sdělení jsou zmíněny pojmy, odvětví kritické infrastruktury, navrhované faktory pro výběr kritické infrastruktury a v neposlední řadě také návrh Evropského programu na ochranu kritické infrastruktury (zkr. EPCIP z anglického „European Programme for Critical

Infrastructure Protection“) a Varovné informační sítě pro kritické infrastruktury (zkr. CIWIN z anglického „Critical Infrastructure Warning Information Network“).

Důležitým a naprosto stěžejním dokumentem pro oblast kritické infrastruktury v Evropské unii je **Zelená kniha o Evropském programu na ochranu kritické infrastruktury** (2005). V materiálu je vymezen účel a oblast působení Evropského programu na ochranu kritické infrastruktury (EPCIP). Cílem programu je zajištění přiměřené a rovnoměrné úrovně bezpečnostní ochrany kritické infrastruktury v rámci celé Evropské unie. Jsou zde taktéž navrženy základní principy programu, mimo jiné dále rozebrána problematika určování národních kritických infrastruktur a zmíněna role vlastníků, provozovatelů a uživatelů kritických infrastruktur. Jako podpůrné opatření programu je zmíněn rozvoj Výstražné informační sítě kritické infrastruktury (CIWIN) a taktéž možnost vytvoření národních koordinačních orgánů členských zemí. V přílohách jsou poté uvedeny termíny a definice využívané nejen v Zelené knize, taktéž návrh jedenácti sektorů kritické infrastruktury a návrh zaměření a obsahu bezpečnostního plánu provozovatele.

Evropský program na ochranu kritické infrastruktury (EPCIP) by měl zlepšit ochranu kritických infrastruktur v Evropské unii. **Sdělení komise o Evropském programu na ochranu kritické infrastruktury** (2006) obsahuje zásady navrhované v Zelené knize, dále základní rámec přístupu a taktéž opatření navržená pro usnadnění rozvoje a provádění EPCIP. Jedná se zejména o rozpracování Akčního plánu EPCIP, tvorbu Výstražné informační sítě kritické infrastruktury a další nástroje. V rámci podpory úsilí komise o zlepšení ochrany vnitrostátních kritických infrastruktur je kladen důraz v první řadě na určení a vytvoření vnitrostátních kritérií pro určení kritické infrastruktury. Dále je zmíněna důležitost tvorby dialogu s vlastníky a provozovateli kritických infrastruktur, určení vzájemných závislostí a vytváření krizových plánů. Pro všechny členské státy je doporučováno založení programů na ochranu kritické infrastruktury, a to pro společný seznam odvětví vytvořeném pro evropské kritické infrastruktury.

Strategickým dokumentem s působností pro Českou republiku je poté **Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury** (2010). Strategie představuje shrnutí projednaných, schválených a budoucích kroků, které jsou rozpracovány v Národním programu ochrany kritické infrastruktury do konkrétních úkolů pro příslušné nositele jejich plnění. Základním principem řešení problematiky kritické infrastruktury zmíněným ve strategii je zajištění fungování klíčových a strategických infrastruktur s cílem zabezpečit ochranu obyvatelstva. Zároveň jsou zde zmíněny oblasti hlavních priorit bezpečnosti kritických infrastruktur, tedy devět odvětví kritické infrastruktury.

Dalším důležitým dokumentem na národní úrovni je **Národní program na ochranu kritické infrastruktury** (2010). V programu jsou rozpracovány obecné záměry nastíněné v Komplexní strategii k řešení problematiky kritické infrastruktury, a to do konkrétních kroků určených příslušným nositelům úkolů. V dokumentu jsou zároveň zmíněny hlavní zásady určování prvků kritické infrastruktury. Jedná se tedy o základní uplatňované kritérium, kterým je hledisko nenahraditelnosti, a dále nastiňuje průřezová a odvětvová kritéria národní kritické infrastruktury.

Pro oblast kritické infrastruktury je jedním ze základních strategických dokumentů **Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030** (2013). Tento strategický dokument zmiňuje oblast ochrany kritické infrastruktury, zvýšení její odolnosti proti možným rizikům a zajištění širšího zapojení subjektů kritické infrastruktury jako jednu ze strategických priorit ochrany obyvatelstva. V části zabývající se zvýšením odolnosti a ochrany prvků kritické infrastruktury je zmíněna potřeba dalšího rozvíjení a zdokonalování systému ochrany kritické infrastruktury.

Významným dokumentem je v neposlední řadě také **Bezpečnostní strategie České republiky** (2015). Tato strategie navazuje ve svých východiscích a ve vymezení bezpečnostních zájmů na Bezpečnostní strategii ČR z roku 2003 a aktualizuje Bezpečnostní strategii ČR z roku 2011. Ve strategii je kladen zvláštní význam právě oblasti ochrany kritické infrastruktury. Je zde zmíněna bezprostřední závislost na kritické infrastruktuře, čímž nadále roste význam její ochrany. Ohrožení funkčnosti kritické infrastruktury je tedy hrozbou, ale její ochrana tím pádem i strategickým zájmem České republiky. Zároveň strategie zmiňuje upřednostňování budování pružných systémů schopných minimalizovat dopady hrozeb, ale taktéž rychlý návrat do funkčního stavu.

Na závěr je vhodné zmínit ještě koncept ochrany kritické infrastruktury z Německa pod názvem **Protection of Critical Infrastructures – Baseline Protection Concept** (2005). Cílem základní koncepce je orientace na snižování zranitelnosti kritických infrastruktur vůči přírodním pohromám, nehodám, teroristickým útokům a trestným činům. Z toho důvodu byla vytypována opatření zaměřená na tvorbu souvisejících opatření, a budování organizačních, personálních a technických opatření.

1.2 Odborné literární zdroje

Druhá část rešerše je zaměřena na přehled základních odborných literárních zdrojů týkajících se oblasti kritické infrastruktury a mající vztah k řešené problematice.

Kniha amerického profesora Teda G. Lewise **Critical Infrastructure Protection in Homeland Security: Defending a Networked Nation** (2006) shrnuje poznatky z oblasti kritické infrastruktury. Mimo zasazení problematiky do kontextu strategických dokumentů Spojených států amerických se kniha také věnuje soudobým výzvám v této oblasti. Dále jsou zde zmíněna i úskalí několika základních odvětví kritické infrastruktury, analýza rizik a analýza zranitelnosti, pohled z perspektivy sítí a v neposlední řadě také oblast kybernetických hrozeb a jejich vztah ke kritické infrastruktuře. Kniha poskytuje komplexní pohled na systém kritické infrastruktury.

Příspěvek **Silver shield: a local government's approach to critical infrastructure protection** (Conway et al., 2009) na základě dat z centrálního úložiště o kritických aktivech shrnuje současný stav a přístup k oblasti ochrany kritické infrastruktury na úrovni místní samosprávy. Je zde prezentován tzv. „nástroj první odezvy“, jenž využívá zdrojová data z geografického informačního systému. Informace vyžadované pro tento nástroj jsou využívány při tzv. „společném operačním setkání“, jehož cílem je diskuse zástupců hasičů, policie a krizového řízení organizací, jež mohou být užitečné k řešení události. Mezi další možnosti místní samosprávy patří tzv. „postupné místní plánování“ složené ze tří fází. První a nejvíce obecnou úroveň je hodnocení na základě informací využívaných i na centrální úrovni (např. obecné plány, satelitní snímky apod.). Druhou fází je poté důkladnější a komplexní analýza rizik, která může napomoci nalézt nejvhodnější řešení a může pomoci zdokonalit preventivní plány. Třetí a poslední fází je tvorba scénářů obnovy po události a více obsáhlých scénářů zahrnující komplexní přístup k redukci rizik (tzv. „all-hazard approach“). Další možností ochrany kritické infrastruktury na místní úrovni je provádění tréninků a cvičení a následné využití získaných poznatků pro zlepšení plánů ochrany. Do budoucna by mělo centrální úložiště poskytovat také data prediktivního charakteru, jež budou využitelná na všech úrovních řízení.

Jako vhodné východisko pro oblast kritické infrastruktury lze využít článek **Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies** (Rinaldi et al., 2001), který pojednává o identifikaci, porozumění a analýze závislostí kritické infrastruktury a zároveň je zde vysvětlena vzájemná závislost. Pro definování charakteristik vzájemných závislostí infrastruktur je zde prezentováno šest základních dimenzí. Jedná se o typy vzájemných závislostí, prostředí infrastruktury, propojování a odezva, charakteristika infrastruktury, typy poruch a provozní stav. Jako velmi přínosné se jeví definování čtyř druhů vzájemných závislostí, kterými jsou fyzická, kybernetická, geografická a logická závislost. Dalším přínosem článku je pohled na hodnocení kritické infrastruktury jako komplexního systému.

Předmětnou oblast dále rozšiřuje kniha **Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures: A Guideline for Analysis** (Hokstad et al., 2013) zabývající se závislostmi kritických infrastruktur a na základě teorie rizika hodnotící jejich dopady. Zároveň je zde zmíněn přístup pro mezisektorovou analýzu rizik a zranitelnosti. Kniha se více věnuje analýze zranitelnosti vzájemně závislých infrastruktur se zaměřením na infrastruktury technické. Formulací vzájemných závislostí a problémů z toho plynoucích se mimo jiného zabývá dokument **Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research** (Pederson et al., 2006). Přínosem je přehled stávajících a vyvíjených simulačních nástrojů a modelovacích technik včetně jejich zaměření na určité sektory kritické infrastruktury. Dalším literárním zdrojem zabývajícím se simulacemi, avšak z hlediska přístupu k simulacím a modelování vzájemně závislých infrastruktur, je článek **Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems** (Ouyang, 2014). Obsahem článku je taktéž srovnání metod z různých hledisek, kterými jsou dostupnost metod, náročnost prováděných výpočtů, dostupnost a validita vstupních dat, schopnost modelů týkající se zahrnutí určitých typů vazeb apod.

Příspěvek **Modeling and simulating critical infrastructures and their interdependencies** (Rinaldi, 2004) prezentuje přístupy pro techniky modelování a simulace vzájemných závislostí kritické infrastruktury, a to zejména na základě předchozího rozdělení závislostí (Rinaldi et al., 2001). Zároveň jsou zde zmíněny faktory ovlivňující proces analýzy vzájemných závislostí a jedná se o následující: Časové měřítko, geografické měřítko, kaskádní a další efekty, sociální a psychosociální komponenty, provozní procedury, obchodní politika, procedury obnovy, politické režimy a regulace, příslušnost ke koncernům. Přístupy a techniky pro modelování a simulace jsou poté seskupeny do šesti kategorií dle jejich přesnosti. Zároveň jsou zde zmíněny budoucí výzvy, s nimiž je třeba uvažovat, a jsou založeny převážně na dostatku relevantních dat pro modelování a simulace a jejich následné verifikaci a validaci.

Článek **The State of the Art in Critical Infrastructure Protection: a Framework for Convergence** (Ghorbani a Bagheri, 2008) je zaměřen taktéž na přehled různých přístupů a nástrojů sloužících k analýze a modelování systému kritické infrastruktury. Jejich navrhovanému rozdělení do pěti dimenzí je věnována nemalá pozornost. Zároveň je zde prezentován doporučený postup pro analýzu a modelování spočívající v pěti krocích odpovídajících navrhovaným dimenzím. Nejprve se jedná o systémovou analýzu, poté o analýzu zaměřenou na chování systému a dále získávání nových znalostí o těchto systémech. Finálním krokem by měla být vizualizace. Jako nejdůležitější součást je zmiňováno obecně sdílení informací, a to nejen mezi jednotlivými kroky, ale i mezi aktéry zainteresovanými do procesu analýzy a modelování systému kritické infrastruktury. V závěru článku

je zmíněna komparace pěti navrhovaných dimenzí s dimenzemi kritické infrastruktury v článku autora Rinaldi et al. (2001).

Ochrana kritické infrastruktury (Šenovský et al., 2007), tedy kniha českého autora, se zabývá problematikou ochrany kritické infrastruktury a zaměřuje se na volbu vhodných metod pro zkoumání síťových infrastruktur. Jsou zde uvedeny metody vhodné pro hodnocení rizik a taktéž kniha uvádí možné rozdělení prvků kritické infrastruktury. V neposlední řadě je také uveden popis různých přístupů k ochraně kritické infrastruktury (Evropská unie, Německo apod.).

Příspěvek **Methodologies and applications for critical infrastructure protection: State-of-the-art** (Yusta et al., 2011) shrnuje rozdíly mezi koncepčním pohledem na problematiku kritické infrastruktury v Evropě a ve Spojených státech amerických. Mimo jiné jsou zde také porovnány současné metody, aplikační nástroje modelovací techniky, jež je možné využít pro získání poznatků o systému kritické infrastruktury a příslušném rámci managementu rizik. Provedená studie zaměřená na hrozby a zranitelnosti systému kritické infrastruktury poukazuje na zajímavý trend. Tím je skutečnost, že systém kritické infrastruktury není statický, nýbrž dynamický, proto je vhodnější používat techniky a metody umožňující zohlednit tento fakt.

Kniha **Input-Output Economics** (Leontief, 1986) se zabývá vzájemnou závislostí jednotlivých sektorů hospodářství. Model vstupů a výstupů (Input-Output Model) spočívá v obecné rovnováze a je možno tento využít pro metodu analýzy vstupů a výstupů, kdy výstupy jednoho odvětví tvoří vstupy jiných odvětví hospodářství, ev. naopak. Model uvažuje postupující rozdělení činností v systému hospodářství (systému infrastruktury) a je primárně určen pro odvětví hospodářství, která v přeneseném významu mohou tvořit odvětví/sektory kritické infrastruktury.

Velmi zajímavou knihou je dílo s názvem **V pavučině sítí** (Barabási, 2005). Kniha se zabývá pohledem na lidem známá i neznámá prostředí z rozdílné perspektivy, a to z pohledu sítí. Poukazuje na vzájemnou propojenost různých funkčních systémů, snaží se odhalit vazby a vztahy uvnitř i vně systémů a na jednoduchých příkladech demonstruje zákonitosti, které se jeví jako platné i u velmi složitých systémů. Dalším rozvinutím tohoto pohledu na předmětnou oblast se zabývá vědecký článek **A network flow model for interdependent infrastructures at the local scale** (Holden et al., 2013). Článek představuje síťový model určený k demonstraci vzájemných závislostí systémů infrastruktur se zaměřením na lokální rozměr. Systémy infrastruktury jsou považovány za síť (viz Barabási, 2005). Vrcholy reprezentující procesy výroby, spotřeby, přepravy a skladování zdrojů (komodit) jsou spojeny hranami, jež zachycují toky komodit (viz také Leontief, 1986). Optimální výkon sítě za běžných a extrémních podmínek může být spatřován v minimalizaci nákladů na komoditní toky. V článku je tento model zevrubně popsán a fungování systému závislých infrastruktur v průběhu

povodní je demonstrováno s použitím simulace Monte Carlo. Zároveň jsou zde nastíněny přínosy a omezení tohoto modelu, a to v souvislosti s předpokládaným budoucím vývojem.

Článek s názvem **Rizikové úseky silniční sítě – analýza zranitelnosti a ohrožení přírodními pohromami** (Bíl et al., 2014) se zabývá také problematikou sítě a prezentuje na skupině nejčastějších přírodních pohrom možnost narušení infrastruktury silniční sítě. Hodnocení následků přírodních pohrom v silniční síti je provedeno pomocí výpočtu zranitelnosti a následně zranitelnosti celé sítě na základě poznatků knihy autora Barabási (2005). Dalším krokem je analýza rizik spočívající v kombinaci zranitelnosti a pravděpodobnosti ohrožení přírodní pohromou. Následně jsou prezentovány možnosti snížení rizika a jeho hodnocení na příkladu z České republiky. Mezi praktické návrhy patří postupy ke snížení rizika spočívající ve snížení zranitelnosti a/nebo snížení intenzity přírodních pohrom.

Článek **Critical Infrastructure Protection: The Vulnerability Conundrum** (Murray a Grubestic, 2012) se zabývá problematikou zranitelnosti. Na základě příkladu jsou demonstrovány vyplývající obecné závěry. Jedním z nejdůležitějších závěrů je fakt, že přístup ke strategii ochrany zaměřený na nejhorší scénář narušení infrastruktury nemusí vždy korespondovat s přístupem založeným na optimální variantě alokace ochranných prostředků sloužících k zachování funkce infrastruktury.

Článek **Anticipating Future Vulnerability: Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems** (Egan, 2007) se zaměřuje mimo jiné na problematiku kritičnosti a zranitelnosti systémů, které se jeví jako potenciální kritická infrastruktura. Dle doporučení pro hodnocení úrovně kritičnosti prvků v systému (nebo systému) se jeví jako nejvhodnější přístup založený na následcích výpadku. V rámci tohoto přístupu je vhodné brát v úvahu efekt poruchy, šíře následků a jejich lokaci, systémovou komplexnost, faktory pro zvládání a poučení z událostí (zmiňován i přístup „pokus/omyl“), regulace a řízení. Zároveň je v článku zmíněn závěr, že úroveň kritičnosti (stejně jako zranitelnosti) nepostupuje z nulové okamžitě na maximální, avšak existují zde obecná schémata a jedná se o postupný vývoj. Na úrovni kritičnosti má poté zásadní vliv několik faktorů, mezi něž náleží kategorie jako např. cena za ztrátu funkce (zejména intenzita této vazby), šíře následků výpadku funkce, vědomostní základna celého (v tomto případě socio-technického) systému, nedostatek limitujících faktorů a faktorů pro zvládání výpadku funkce, komplexita systémů sloužících pro regulaci, a jako poslední kategorii vlastnosti trhu. V závěru článku jsou uvedeny typy zranitelnosti vůči různým zdrojům nežádoucích událostí napříč systémem.

Výzkumný článek **Impact of flood damaged critical infrastructure on communities and industries** (Deshmukh et al., 2011) se zabývá hodnocením sociálních a ekonomických následků povodní na společnost a průmysl s respektováním vztahu vůči povodní poškozené kritické infrastruktuře. Pro analýzu primárních a sekundárních následků přírodní katastrofy je použit model základní buňky, kterou tvoří infrastruktura a průmysl, včetně dalších propojených komunit – využití Input-Output Modelu autora Leontief (1986). Zároveň je v článku popsán koncepční rámec následků přírodních katastrof pro pochopení možností zmírňování nežádoucích následků. Rámec je zaměřen na hodnocení kritičnosti, zranitelnosti a prudkosti pro prezentování technického, sociálního a ekonomického dopadu narušení funkce kritické infrastruktury na průmysl a komunitu. Proces hodnocení sociálních a ekonomických následků spočívá ve třech fázích (identifikační fáze, stanovení vztahů, identifikace spolehlivosti infrastruktury) a následně je prezentován na případové studii povodně v americkém státě Iowa.

Článek **Identifying Critical Components in Technical Infrastructure Networks** (Jönsson et al., 2008) obsahuje informace o vyvinuté metodě pro identifikaci a hodnocení kritických komponent a souboru komponent v infrastrukturách technického zaměření. Kritičnost je vyjádřena jako zranitelnost systému na základě poruchy specifické komponenty. Identifikace kritických prvků (komponent) je obtížná, pokud uvažujeme o mnohonásobné poruše v systému a zvláště obtížná, uvažujeme-li o synergii působení poruch. Vyvinutá metoda je aplikována na případovou studii distribučního systému elektrické energie pro město ve Švédsku. Jedním ze závěrů je tvrzení, že navržená metoda může usnadnit určení kritických komponent (nebo sad komponent) pro velké technické infrastruktury.

Příspěvek **Vulnerability Analysis of Interdependent Critical Infrastructures: Case Study of the Swedish Railway System** (Johansson et al., 2011) se věnuje přístupu k modelování vzájemně závislých technických infrastruktur, na něž je nahlíženo z různých perspektiv analýzy zranitelnosti. Velká pozornost je věnována zejména komplexnímu pojetí zevrubné analýzy vzájemných technických infrastruktur (pohled na celý systém). Nejprve je pozornost věnována charakteristice závislostí, která navazuje na práci mnoha autorů, např. Rinaldi et al. (2001) a mnoho dalších. Další perspektivou je detailní analýza komplexního systému spočívající v analýze zranitelnost celého systému, analýze kritických komponent a analýze geografických vzájemných závislostí. V neposlední řadě je zmíněn jako důležitá oblast řízený kompromis mezi věrohodností a abstrakcí při provádění hodnocení a modelování. Stěžejní částí je případová studie zaměřená na empirickou analýzu chování železničního systému jižní části Švédska sestávajícího se ze sedmi vzájemných podporujících se systémů (infrastruktur).

Navrhovaný přístup k modelování a tři perspektivy analýzy zranitelnosti mohou poskytovat zajímavé výstupy využitelné v proaktivním managementu rizik technických infrastruktur.

Článek **Societal Consequences of Critical Infrastructure Vulnerabilities:**

Integrating Power System and Regional Inoperability Input-Output Models

(Johansson et al., 2013) prezentuje integrovaný model složený z fyzikálního modelu kritické infrastruktury a regionálního vstupně-výstupního modelu nefunkčnosti s dopady na společnost. Druhý ze jmenovaných modelů je založen na principu W. Leontiefa (1986). Případová studie využívá data ze systému přenosové soustavy Švédska považované za nejdůležitější kritickou infrastrukturu a regionální ekonomická vstupně-výstupní data. Výsledky takto provedené analýzy mohou poskytovat důležité informace vztahující se ke společenskému riziku a následné potřebě přijímání rozhodnutí. Příkladem může být identifikace oblastí regionu charakterizované silnou závislostí na dodávkách elektrické energie a zároveň i zranitelností pro případ výpadku dodávek. Prezentovaný integrovaný model umožňuje komparaci posuzování zranitelných míst kritické infrastruktury a společenské důsledky takového selhání.

Prakticky zaměřený článek **Dynamic functional modelling of vulnerability and interoperability of Critical Infrastructures**

(Trucco et al., 2012) je orientován na souhrn prostředků pro funkční dynamické modelování zranitelností a funkcí kritických infrastruktur na regionální úrovni. Navržený model hodnotí šíření dopadů v souvislosti s výpadkem poskytovaných služeb jako důsledek propagace široké škály hrozeb. Výpadek služeb může být rozšířen v rámci určité infrastruktury nebo také na jinou infrastrukturu prostřednictvím modelu vzájemných závislostí. Model je schopen pracovat s vazbami fyzickými, kybernetickými, geografickými a také s logickými vazbami (viz Rinaldi et al., 2001). Dále může být zohledněn posun poptávky mezi dvěma infrastrukturami zajišťujícími dodávky zcela či částečně nahraditelných (zastupitelných) služeb. Model je dynamický, neboť následek projevu specifické hrozby na důležité uzly a nedostupnost jejich funkce jsou v čase závislé. Pilotní studie modelu byla provedena na systému kritické infrastruktury vztahujícího se k fungování dopravy v metropolitní oblasti Milána v Itálii.

1.3 Právní úprava a technické normy

Třetí část rešerše je zaměřena na přehled základní právní úpravy pro oblast kritické infrastruktury, a to jak na území České republiky, tak i na území Evropské unie.

Z hlediska úrovně Evropské unie je beze sporu základním právním dokumentem **Směrnice Rady o určování a označování evropských kritických infrastruktur**

a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu (2008). Směrnice uvádí postup pro určení a označení prvků evropské kritické infrastruktury, a to v odvětví energetiky a dopravy. Z tohoto důvodu příloha směrnice obsahuje mimo jiné kritéria pro určení prvků evropské kritické infrastruktury. V textu směrnice je zároveň zmíněna důležitost odvětví informačních a komunikačních technologií, a tudíž i budoucí možnost zahrnutí mezi odvětví evropské kritické infrastruktury. Velkým přínosem směrnice je přijetí přístupu ke všem ohrožením, tzv. „all hazard approach“, který tedy zahrnuje hrozby způsobené člověkem, technologické hrozby a přírodní katastrofy včetně zvláštního zřetele na hrozbu terorismu.

Na národní úrovni je stěžejním právním dokumentem **zákon o krizovém řízení** (2000), který definuje terminologii oblasti kritické infrastruktury. Zároveň také stanoví působnosti a pravomoci při ochraně kritické infrastruktury a upravuje určování a ochranu evropské kritické infrastruktury. Pro potřebu určování kritické infrastruktury jsou poté v dalším dokumentu, kterým je **nařízení vlády o kritériích pro určení prvků kritické infrastruktury** (2010), stanoveny dva druhy kritérií pro určení prvku kritické infrastruktury. Prvním druhem je kritérium průřezové platné shodně pro všechna odvětví. Druhým je poté kritérium odvětvové, přičemž limitní hodnoty kritéria jsou stanoveny vždy s ohledem na odvětví a pododvětví, v nichž je prvek určován.

V neposlední řadě je vhodné uvést normu zabývající se oblastí managementu rizik, a to **ČSN ISO 31000** (2009). Management rizik lze aplikovat v mnoha oblastech a na mnoha úrovních, stejně tak i pro specifické funkce nebo činnosti. Základní principy je možno využít i v oblasti kritické infrastruktury a její určování na regionální úrovni.

1.4 Významné projekty

Čtvrtá a poslední část rešerše literatury je zaměřena na přehled nejvýznamnějších projektů, které se vztahují k výzkumu řešené problematiky.

Hlavním cílem projektu **CI²RCO: Critical Information Infrastructure Research Co-ordination** (2008) byla tvorba a koordinace úkolu k podpoře koordinovaného celoevropského přístupu k výzkumu a vývoji ochrany kritické infrastruktury (se zaměřením na oblast informačních technologií) a dále k vytvoření evropského výzkumného prostoru pro ochranu kritické informační infrastruktury, a to vše jako součást strategického cíle integrovat a posilovat spolehlivost a bezpečnost evropského výzkumného prostoru. Zaměření projektu je orientováno na oblast kybernetických vazeb jako na jednu z nejdůležitějších, neboť může mít zásadní vliv na fungování dalších dvou úrovní, a to organizační a fyzické. Zároveň jsou zde prezentovány závěry průzkumu v oblasti kritické infrastruktury napříč zeměmi Evropské unie.

Projekt **THREVI2: Threat-Vulnerability Path Identification of Critical Infrastructures** (Trucco a Petrenj, 2014) se zaměřuje na oblast kritické infrastruktury, a to na systematickou a kompletní identifikaci smysluplných havarijních scénářů. Konkrétně se jedná o hledání odpovědí na potřebu vytvoření komplexního a multi-dimenzionálního katalogu rizik pro kritickou infrastrukturu, jehož cíle jsou následující: vyvíjet a vypracovat tři koordinované ontologie (rizika a hrozby, topologie kritické infrastruktury, vzájemné závislosti kritické infrastruktury); průnik těchto topologií se stávajícími modely zranitelnosti; vyvinout vyhrazený softwarový nástroj pro generování scénářů jako podporu pro různé koncové uživatele (veřejný sektor i soukromý sektor). Zmíněné ontologie byly vyvinuty na základě: provádění a testování různých technik a přístupů (viz také: Pederson et al., 2006; Ouyang, 2014), přehledu literatury, recenze expertů, vývoje základních užívaných rámců a v neposlední řadě také pilotního testování nástroje. Mezi hlavní dosažené výsledky patří zobecněné a standardizované specifikace rámce pro kritickou infrastrukturu a poskytované služby a dále katalog všech rizik pro kritickou infrastrukturu. Vyvinutý softwarový nástroj nabízí zlepšený proces tvorby scénářů pro podporu hodnocení rizik kritické infrastruktury.

Zajímavý projekt **Critical Five** (2014) je ve své podstatě uskupením partnerů, jejichž cílem je poskytnutí kvalitního přehledu o důležitosti a významu kritické infrastruktury. Členy uskupení jsou státy Austrálie, Kanada, Nový Zéland, Spojené království a Spojené státy americké. Projekt podporuje pokračující úsilí jasně vymezit společnou zprávu o hodnotě, účelu a historických souvislostech týkajících se kritické infrastruktury. Zároveň je snahou dospět ke společnému chápání oblasti kritické infrastruktury a chápání její role ve společnosti. Důležitou oblastí je snaha o identifikaci společenských priorit a propojení mezi zúčastněnými zeměmi. Použitým přístupem je tak snaha o identifikaci podobností v definicích, přístupech, koncepcích a implementace s cílem dospět ke společnému chápání kritické infrastruktury.

Projekt **INTACT** (McCord et al, 2015) si klade za cíl spojit inovativní a průřezové znalosti a zkušenosti napříč Evropou. Účelem je rozvoj a demonstrace metod a nástrojů umožňujících provozovatelům kritické infrastruktury a politikům plánovat účelnou ochranu kritické infrastruktury. Důraz je také kladen na možné budoucí změny v oblasti rizik, a to zejména s ohledem na budoucí projevy klimatické změny. Realizace všech těchto záležitostí by měla být prováděna formou poradenství a poskytování návodů a osvědčených postupů týkajících se ochranných opatření. V rámci projektu zároveň vznikl portál INTACTwiki zveřejňující všechny podstatné informace z předmětné oblasti.

National Capital Region – Critical Infrastructure Project (McCarthy et al., 2005) je výsledkem spolupráce univerzitního konsorcia pro ochranu kritické

infrastruktury pod hlavičkou George Mason University ze státu Virginia (USA). V rámci projektu byly zveřejněna doporučení a závěry pro jednotlivé sektory kritické infrastruktury, nástroje sloužící k posuzování zranitelnosti kritické infrastruktury, doporučení pro provádění regionálního managementu rizik a shrnutí podstatných informací směřovaných na obyvatele a komunity. Veškeré závěry a doporučení byly sestaveny na základě projektu orientovaného na širší okolí hlavního města spojených států a je předpokládáno, že tyto závěry budou obecně aplikovatelné.

Projekt **Supply Chain Cybersecurity Assurance for Critical Infrastructure** (Villasenor a Jaskolka, 2015) se zaměřuje primárně na oblast informační infrastruktury, která může sekundárně poškozovat dotčená (dnes již všechna) odvětví. Systémy se skládají z mnoha prvků, jsou vzájemně složitě propojeny a dochází k velkým interakcím. Tyto interakce tak mohou být předvídatelné či nepředvídatelné. Přítomnost implicitních interakcí v systému může indikovat nepředvídatelné chyby, a to jak úmyslné či náhodné, neškodné nebo skutečně škodlivé. Důležité je tedy porozumění implicitním interakcím a potvrzení názoru, že jsou správné a žádoucí. Cílem projektu je tedy tvorba metod a nástrojů pro odhalení možných slabých míst, přičemž analytické nástroje jsou stále více využívány při návrhu a budování nových systémů s vyšší bezpečností. Sekundárním důsledkem je také přímá identifikace nedostatků důležitých systémových komponent a následné umožnění lepšího posouzení rizik kritických systémů.

Cílem projektu německého Spolkového úřadu pro civilní ochranu s názvem **KritiskAT** (Fekete, 2011) byl rozvoj obecných kritérií pro identifikaci a hodnocení infrastruktury považované obecně za kritickou. Důležitým faktem je konstatování, že ochránit infrastrukturu před všemi hrozbami a třeba i před kaskádním efektem není možné, avšak proto se jeví jako vhodné zaměřit se spíše na následky výpadku nežli na eliminaci hrozeb. Rozvoj obecných kritérií vyžaduje prioritizaci v rámci infrastruktur(y) a identifikaci jejich klíčových charakteristik, a to pro účely civilní ochrany, managementu rizik, strategického a proaktivního plánování. Za tímto účelem byly vytvořeny Národní priority kritické infrastruktury založené na důkladném prozkoumání rozsahu typicky užívaných kritérií v podobných přístupech. Velká pozornost je věnována zjednodušení a identifikaci základní charakteristiky zvané „kritičnost“ infrastruktury. Hlavním výsledkem projektu je vývoj obecných kritérií, jež lze obecně využít u různých infrastruktur.

Projekt **RESILIENCE 2015** (Řehák et al., 2017) je zaměřen na pokročilý výzkum problematiky kritické infrastruktury, hodnocení souvztažnosti evropsky významných sektorů a jejich subsystémů. Zaměření projektu na stanovení souvztažnosti umožňuje identifikovat faktory, jež mají zásadní vliv na zajištění dostupnosti funkce kritické infrastruktury. Další z oblastí, na níž se projekt

zaměřuje, je provedení analýzy a modelování vzájemných závislostí na základě určení statických a dynamických atributů, dále se jedná o výzkum vlivu a dopadu synergického efektu a domino jevů. Výstupy z projektu tak mohou být základem pro optimalizaci procesu pro řešení krizových situací a přípravu příslušných opatření.

2 Teoretické vymezení řešené problematiky

V úvodu teoretické části je vhodné zasadit pojem „kritická infrastruktura“ do systému celé společnosti. Z tohoto důvodu je první část této kapitoly věnována vztahu společnosti a kritické infrastruktury. Následně je popsán pohled na předmětnou problematiku z hlediska historie. Obdobný popis postupného vývoje je uveden u přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury, kde jsou rozebrána časová období odlišující se hlediskem, z něhož bylo na výzkum v oblasti kritické infrastruktury nahlíženo. Ne méně důležitou částí kapitoly je také způsob určování kritické infrastruktury, a to včetně popisu postupného vývoje v této nepříliš tradiční problematice. Všechny podstatné informace jsou poté shrnuty v dílčím závěru.

2.1 Vymezení vztahu společnosti a kritické infrastruktury

Společnost jako předmět zkoumání může být z pohledu sociologů v některých ohledech různorodá. Avšak pro vymezení vztahu společnosti a kritické infrastruktury není zásadně rozhodující, zdali se jedná o společnost tradiční nebo moderní. Tradiční společnost je založena na pevných tradicích a zvycích a oproti tomu moderní společnost naopak vykazuje proměnlivější sociální strukturu a vyšší sociální mobilitu (Keller, 1992). Společnost jako celek by však vždy měla usilovat o svůj rozvoj a plnění základních potřeb členů společnosti s tím rozdílem, že každá společnost může k rozvoji a plnění základních potřeb využívat jiné nástroje a metody.

Základní potřeby členů společnosti (Rostov, 1960) se mohou lišit nejen v závislosti na obývané oblasti, ale také na charakteru a vývojovém stupni celé společnosti. Lidé v tradiční společnosti založené převážně na zemědělské výrobě se snaží o uspokojení potřeb z jejich hlediska důležitých, jako jsou např. potraviny, přístřeší, ošacení. Naopak lidé v moderní společnosti využívají komfortu konstantní konzumace spotřebního zboží, které uspokojuje všechny „potřeby“. Základní sociální institucí je tedy trh, který určuje status jedince (Keller, 1992). Plnění výše zmíněných důležitých potřeb (potraviny, přístřeší apod.) je tak pro všechny jedince společnosti „obstaráno“ jako služba.

Schopnost společnosti uspokojovat základní potřeby jedinců (Constanza et al., 2007), ať už jako formu služby či jejich zajištění vlastním přičiněním (vlastní výroba), je závislá na několika faktorech. Prvním z nich je dostupnost příležitostí, které je schopna získat pro jedince (pravidla a normy, spolupráce atd.). Dalšími faktory jsou poté dostupnost technických možností (např. nástroje, zařízení, služby), možnosti lidského kapitálu (vědomosti, informace, odhodlanost) a dostupnost přírodního kapitálu (obnovitelné a neobnovitelné zdroje, služby

ekosystému apod.). V neposlední řadě je také schopnost uspokojování základních potřeb závislá na časových možnostech.

Základní potřeby jedinců (Rosenfeld et al., 1992) nejsou v průběhu času neměnné. Potřeby prochází postupným vývojem a následně kultivují (děti, mladí jedinci a dospělí mají potřeby odlišné) a každý jedinec své potřeby uspokojuje různým způsobem. Základní potřeby však zůstávají v každé vývojové fázi (člověka) stejné. Potřeba je tak projevem nějakého nedostatku, jehož odstranění je pro člověka žádoucí. Pokud není potřeba dlouhodobě dostatečně uspokojována, může vzniknout situace označována jako strádání (deprivace) jedinců, v horším případě poté strádání určité společnosti.

Sestavená pyramida potřeb (Maslow, 1943) může být dosti nápomocna v orientaci týkající se problematiky vztahu společnosti a kritické infrastruktury. Podle autora jsou potřeby ve třech vyšších patrech (pozn. některá literatura odkazuje na čtyři patra, jako např. Rakowski, 2008) popsány jako nedostatkové. Tyto potřeby mohou být naplňovány až při jejich nedostatku. Oproti tomu nejnižší části pyramidy jsou potřeby nutné pro existenci (samotné bytí). Pyramida potřeb jedince je prezentována na obrázku 1.



Obrázek 1: Pyramida potřeb jedince dle Maslow (Rakowski, 2008)

Tradiční i moderní společnost k plnění potřeb využívala různé nástroje a metody. Zejména k plnění potřeb ve dvou spodních patrech byly a stále jsou využívány infrastruktury (viz kapitola „historie kritické infrastruktury“). Společnost je nyní již závislá na bezchybném fungování vytvořených infrastruktur a některé z nich mohou být považovány za kritické. Na základě výše uvedeného je možné konstatovat, že plnění potřeb spodních dvou pater může být primárně otázkou života, kdežto horní patra primárně otázkou kvality života.

2.2 Historický vývoj infrastruktury

Historický pohled na problematiku kritické infrastruktury je možné vnímat z více hledisek. Jedno z nich může být vývoj využívání „kritické infrastruktury“ v historických souvislostech, přičemž tato problematika je detailněji rozebrána v první části této kapitoly. Následující část se již věnuje soudobému pojetí kritické infrastruktury z hlediska, kterým je tato problematika vnímána v dnešní době.

2.2.1 Historické souvislosti

Lidská společnost si již od nepaměti uvědomuje důležitost zajištění přijatelného a bezpečného prostředí pro svůj život. Z toho důvodu bylo z hlediska historického vývoje společnosti vždy důležité postarat se o zajištění základních životních potřeb. Ty bylo možno zajistit například dělbu práce či na základě postupného technologického vývoje (Mozga a Kovářík, 2010).

Na základě přirozené dělby práce měly ženy například již v období pravěku za úkol udržovat oheň pro jeho všestranné využití. V případě jeho ztráty tak předci dnešních lidí přicházeli nejen o zdroj tepla a světla, ale taktéž i o možnost přípravy teplých pokrmů, o možnost výroby nástrojů a v neposlední řadě taktéž o stav bezpečí, jelikož oheň zajišťoval funkci ochrany před divokou zvěří. Mimo jiné i z těchto důvodů si lidé uvědomovali důležitost ohně a již v tomto historickém období věděli, že jeho ztráta (zhasnutí) může znamenat v nejhorším případě i jejich smrt. Z historického pohledu se tedy oheň pro tehdejší dobu jeví jako naprosto kritická komodita.

Postupný technologický vývoj společnosti umožňoval řešit složité a potřebné úkoly a přinášel s sebou i mnoho možností v oblasti zajišťování základních životních potřeb. Příkladem může být problematická dodávka životně důležité vody, neboť původně stavěná lidská sídla v okolí řek rostla a původní zdroje pitné vody již nemohly stačit. Tento problém dokázali velice dobře řešit například obyvatelé Římské říše (Hodge, 2002) pomocí rozsáhlé sítě vodovodů a složitých akvaduktů, které dopravovaly vodu ze vzdálených vodních zdrojů.

Kombinací dělby práce a technologického vývoje mohlo docházet k uspokojování různorodých základních životních potřeb. Například v impériu starých Inků byla výborně propracována potravinová bezpečnost (Mozga a Kovářík, 2010; National Geographic, 2012). Inovace v tehdejší zemědělství přinášely možnost zajištění dostatečného a rozmanitého množství potravin pro všechny obyvatele této říše. V oblasti ohrožené každoročně suchem fungoval velice dobře propracovaný systém plánování pěstování plodin na terasovitých polích zavlažovaných komplexními systémy přivádějícími vodu z hor. Obyvatelé říše za poskytnuté potraviny odváděli daně formou práce, čímž docházelo k neustálému udržování a zlepšování systému zemědělství. Naprostým unikátem tehdejšího systému

potravinové bezpečnosti Inků byla příprava na nevlídné časy, kdy byla určitá část potravin mražena.

Odlišný historický příklad nezbytné infrastruktury představovala správa Číny, a to nejen v době mingské říše (Ebrey, 1999). Na základě dlouhodobé tradice byly úřady rozděleny na tři větve – civilní, vojenskou a kontrolní. Nejvyšší úrovní centrálních civilních úřadů byl Ústřední sekretariát, jemuž bylo podřízeno šest ministerstev a další méně významné instituce. Vrcholné vedení vojenské větve zastávala Hlavní vojenská komise a nejvyšším kontrolním úřadem byl Cenzorát. Říše byla rozdělena na dvě metropolitní oblasti a třináct provincií spravovanými provinčními sekretariáty. Dalšími nižšími správními celky byly prefektury, poté kraje a nejnižší úrovní státní správy představovaly okresy, kterých bylo přibližně 1400 napříč celou říší.

S přicházejícím vývojem společnosti docházelo k rozšiřování dalších infrastruktur různé důležitosti. Na výše uvedených historických příkladech je zřejmé, že společnost si již od nepaměti uvědomovala potřebnost vybudování určité infrastruktury, která mohla plnit různé účely (viz výše). Takové infrastruktury jsou poté lidmi využívány hojně a vnímány jako důležité (kritické). S přicházejícím pokrokem těchto infrastruktur logicky přibývá. Společnost si postupně uvědomovala důležitost těchto infrastruktur a význam jejich ochrany postupně rostl (Kathi, 2006). Původně v souvislosti s hospodářským rozvojem, kdy byl infrastrukturou zamýšlen soubor zařízení usnadňujících produkci (Mozga a Kovářík, 2010), byla kvalita infrastruktury a rozvoj společnosti chápán jako totéž. Obdobně z hlediska historických souvislostí na našem území docházelo v minulém století ke „zodolňování národního hospodářství“, což lze na základě výše zmíněného vykládat jako zvyšování kvality infrastruktury. Samotný pojem „kritická infrastruktura“ byl ve světových zemích v širší míře zaveden až v průběhu 90. let minulého století (Critical Foundations, 1997).

2.2.2 Vývoj kritické infrastruktury

Problematika ochrany kritické infrastruktury začala být řešena nejprve ve Spojených státech amerických v roce 1995, kdy byla ustavena „Critical Infrastructure Working Group“. Tato skupina vypracovala hodnotící zprávu pro prezidenta Spojených států amerických, jež se stala základem v oblasti ochrany kritické infrastruktury (Critical Foundations, 1997). V následujících letech byly tyto aktivity vyvíjeny také v dalších zemích (např. v Kanadě od roku 1998 nebo ve Spojeném království, Švédsku a Švýcarsku od roku 1999). Postupným vývojem docházelo ke změně pohledu na celou problematiku. Změny ve vnímání kritické infrastruktury spočívaly především v pohledu na celý systém a snahy v oblasti vědy o sítích (Barabási, 2005; Lewis, 2006). Proto je v současné době komplexně

řízena celá problematika kritické infrastruktury a dále tato oblast vnímána v kontextu resilience (Presidential Policy Directive, 2013).

Příchod nového milénia s sebou přinášel problém dotýkající se bezpečnosti celé společnosti. Přelomu roku 1999 a 2000 byla z hlediska fungování výpočetní techniky (tzv. problém Y2K), kterou se lidé ve velké míře obklopili, věnována velká pozornost (Robertson a Powell, 1999). Proto byly nejen ze strany veřejného sektoru a bezpečnostních složek vynakládány nemalé finanční prostředky na řešení této problematiky. Po útocích ze dne 11. září 2001 již většina evropských zemí definovala kritickou infrastrukturu a začala realizovat aktivity k její ochraně, neboť i v Evropě začínalo docházet k významným bezpečnostním incidentům (Řehák et al., 2016). Mezi takové incidenty je možno zařadit například sérii koordinovaných teroristických útoků na železniční soupravy v Madridu v roce 2004 nebo série teroristických útoků na prostředky hromadné dopravy v Londýně v roce 2005. Mezi další velké události lze zařadit např. narušení elektrizačních soustav, které v roce 2003 zasáhly především Itálii a později v roce 2006 poté Německo.

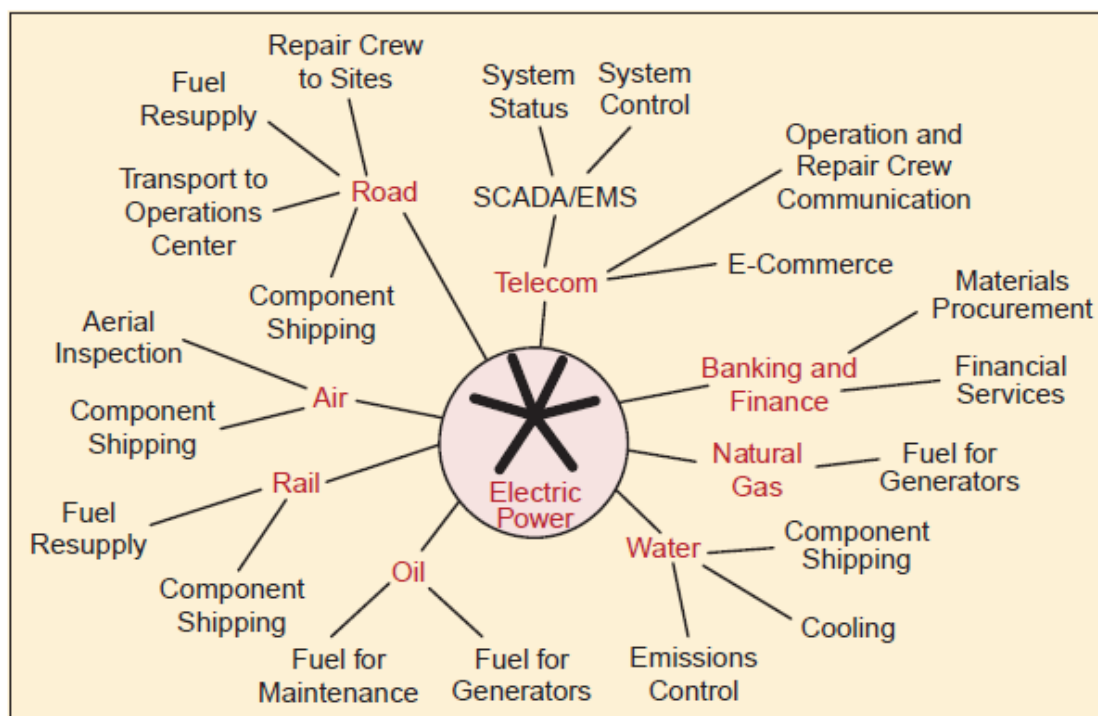
Na základě reálné hrozby narušení infrastruktury v Evropě a z toho plynoucími dopady v červnu roku 2004 Evropská rada požádala Evropskou komisi o přípravu celkové strategie na ochranu kritické infrastruktury. Komise poté v srpnu stejného roku přijala sdělení „Ochrana kritické infrastruktury v boji proti terorismu“ (Sdělení Komise, 2004), které obsahovalo návrhy, jak by mohla být v Evropské unii zlepšena prevence, připravenost a schopnost reakce na teroristické útoky postihující kritickou infrastrukturu.

Evropská rada podpořila záměr komise předložit „Evropský program na ochranu kritické infrastruktury“ (dále také „EPCIP“) a souhlasila se zřízením „Výstražné informační sítě kritické infrastruktury“ (dále také „CIWIN“). Komise následně předložila Zelenou knihu (2005) popisující možnosti programu EPCIP a CIWIN při zapojení co možná největšího počtu zainteresovaných partnerů v této oblasti. Zelená kniha vymezila 11 sektorů a 37 subsektorů a dále zde byly obsaženy principy, které byly do právního řádu Evropské unie implementovány později. Reakce členských států Evropské unie však nebyly příznivé a počet sektorů kritické infrastruktury byl nadále snížen (Návrh Směrnice, 2006). Teprve „Směrnice rady o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu“ (2008) se stala závazným východiskem pro určování evropské kritické infrastruktury, které je možné pouze ve dvou odvětvích.

Od roku 2010 spolupracuje Evropská unie s experty Spojených států amerických a Kanady. Hlavním cílem spolupráce je změnit přístup a metody analýzy rizik v rámci problematiky kritické infrastruktury a implementovat problematiku vzájemných závislostí. Podle přezkumu programu EPCIP (Commission Staff, 2012)

jsou metody analýzy rizik kritické infrastruktury rozdělovány do dvou hlavních kategorií. První z nich je sektorový přístup (Sectoral Approach) s vlastními metodami a posuzováním pro každý sektor. Druhým je poté systémový přístup (Systems Approach), který považuje sektory za propojené sítě. Proto byla zaměřena pozornost na podporu změny konceptu metodik původně koncipovaných pro sektorový přístup, který však limituje řešení problematiky napříč všemi sektory (Commission Staff, 2012).

Na základě výše zmíněného nový přístup EPCIP (Commission Staff, 2013) implementuje vzájemné závislosti mezi kritickými infrastrukturami, průmyslem a zástupci státu. V oblasti vzájemných závislostí kritické infrastruktury neexistují geografické hranice a šíření poruchy napříč celým systémem není limitováno. Je zde zároveň uveden příklad výpadku infrastruktury dodávek elektrické energie. Na obrázku 2 je prezentován dopad napříč sektory a napříč zainteresovanými aktéry. Z obrázku jsou také zřejmé možné oblasti dopadu napříč členskými státy.



Obrázek 2: Příklad výpadku infrastruktury dodávek elektrické energie a jeho možných následků (v dokumentu Commission Staff, 2013 je využit obrázek publikovaný původně v Rinaldi et al., 2001)

Nový přístup EPCIP využívá předcházejících kroků, zejména Směrnici Rady (2008) a přezkumu EPCIP (Commission Staff, 2012), a je zaměřen na následující čtyři oblasti:

- Procedura pro identifikaci a určování Evropské kritické infrastruktury a posouzení potřeby zvýšit její ochranu (viz Směrnice Rady, 2008).

- Opatření zaměřená na implementaci programu EPCIP, obsahující Akční plán, síť CIWIN, využívání skupin expertů, sdílení informací, identifikaci a analýzu vzájemných závislostí.
- Financování opatření a projektů zaměřených na prevenci, připravenost a řešení následků terorismu a jiných událostí spojených s narušením bezpečnosti.
- Rozvoj externí dimenze programu EPCIP, zejména další spolupráce s USA a Kanadou, nebo asistence při ochraně kritické infrastruktury ve třetích zemích (mezinárodní letecká a vodní přeprava, kybernetická bezpečnost, infrastruktura dodávek elektrické energie apod.).

Pilotní fáze nového přístupu EPCIP je orientována na vybrané kritické infrastruktury evropského významu a jedná se o čtyři následující (Commission Staff, 2013): Eurocontrol¹, Galileo², evropská přenosová soustava elektrické energie³, evropská plynová přenosová soustava⁴. Výběr byl proveden na základě trans-evropské dimenze významných sektorů a jejich provozovatelé jsou ochotni sdílet výsledky pilotní fáze. Na tuto by měly navazovat další kroky v následujících oblastech (Commission Staff, 2013):

- Tvorba nezbytných indikátorů umožňující formování přístupu EU k ochraně kritické infrastruktury. Tvorba užitečných nástrojů pro ochranu a resilienci kritické infrastruktury, posilování oblasti zmírňování rizik, připravenost a opatření na odezvu události.
- Kroky umožňující implementaci tohoto přístupu v regionech, v nichž jsou zainteresovány členské státy (např. oblast okolo Baltského moře, Dunajský region apod.).
- Nová formulace umožňující čerpat finance z Víceletého finančního rámce na období 2014-2020. Tato by měla umožnit využít příslušné dotační tituly na různé projekty, včetně velkých přeshraničních projektů, výzkumné projekty a tvorbu nových nástrojů a metodologií.
- Evropská unie bude nadále usnadňovat a umožňovat rozvoj politiky ochrany kritické infrastruktury a zlepšovat spolupráci mezi

¹ EUROCONTROL je Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu. Jejím cílem je rozvoj systémů a postupů pro plynulé řízení letového provozu umožňující další rozvoj letecké dopravy při udržení vysoké úrovně bezpečnosti. Více informací lze nalézt na: www.eurocontrol.int

² GALILEO je evropský program pro globální satelitní navigační systém, který je vlastněn přímo EU a provozován prostřednictvím Evropské kosmické agentury. Systém umožňuje provozování životně důležitých služeb pro obyvatelstvo a ekonomiku. Více informací lze nalézt na: http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/What_is_Galileo

³ Z hlediska přenosu elektrické energie napříč Evropou je důležitým aktérem ENTSO-E, tedy asociace zastřešující více než 40 provozovatelů evropských elektroenergetických soustav z více jak 30 zemí, včetně zástupců mimo EU. Více informací lze nalézt na: www.entsoe.eu

⁴ Za účelem potřeby koordinace na evropské úrovni je důležitým aktérem GIE (Gas Infrastructure Europe). Jedná se o asociaci reprezentující evropské provozovatele v sektoru plynárenství čítající více než 60 provozovatelů z 25 evropských zemí. Více informací lze nalézt na: www.gie.eu

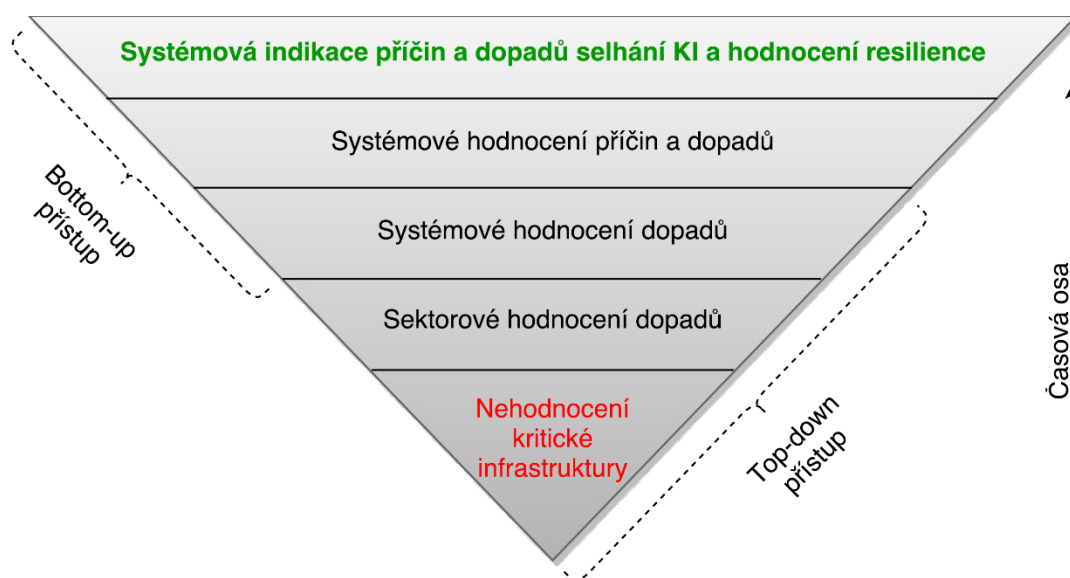
zainteresovanými komunitami a zároveň se snažit alokovat potřebné finanční prostředky.

Nový přístup EPCIP by tak měl umožňovat péči a další rozvoj oblasti ochrany kritické infrastruktury na všech úrovních, tedy od místní přes národní až po evropskou a mezinárodní úroveň.

Z hlediska navržených kroků (Commission Staff, 2013) došlo k jisté transformaci pohledu od vydávání striktních nařízení k realizaci praktických činností. Výzkum v oblasti kritické infrastruktury však pokračuje neustále (viz následující kapitola).

2.3 Vývoj přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury

Moderní společnost je na poskytovaných službách a funkcích infrastruktur natolik závislá, že jejich výpadek ohrožuje fungování společnosti. V rámci vývoje přístupu ke zkoumání ochrany kritické infrastruktury byly nejen v zemích Evropské unie, ale i celého světa, přijaty různé způsoby a přístupy k ochraně kritické infrastruktury. Na základě dostupné literatury (Critical Foundations, 1997; Kathi, 2006; Jönsson et al., 2008; Taquechel a Lewis, 2012; Zaharia, 2012; CIRAS Project, 2015; Ouyang a Wang, 2015) lze charakterizovat několik období, jež se odlišují svým charakterem (viz obrázek 3). Jednotlivá období jsou v textu následně vysvětlena.



Obrázek 3: Vývoj přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury (CIRAS Project, 2015)

Nejprve je vhodné zmiňovaná období rozdělit na dvě základní skupiny. Zásadní rozdíl je možno nalézt v rozdílném přístupu, kdy byla kritická infrastruktura posuzována nejprve od nejvyšších struktur, tedy přístup „Top-Down“ (shora-dolů). Jedná se na jedné straně o divergentní přístup (Fotr et al., 2012), který však na straně druhé vykazuje zásadní nedostatek ve formě absence zpětné vazby.

U tohoto přístupu jsou typicky využívány především deduktivní techniky uvažování. Na základě zkušeností se první přístup jevil jako nedostačující a posléze byl upřednostňován konvergentní přístup (Kathi, 2006). Systém hodnocení byl později orientován nejprve na prvky nejnižší úrovně postupně k prvkům úrovně nejvyšší. Pro tento konvergentní přístup jsou pravidelně využívány naopak induktivní techniky uvažování. Druhý přístup lze vyjádřit jako „Bottom-Up“ (od spodu-nahoru), přičemž se jedná o postupnou syntézu elementárních částí ve vyšší funkční celek (Fotr et al., 2012) na úrovni celého systému.

Na základě předcházející kapitoly je zřejmé, že lidé od nepaměti využívají jakousi „kritickou“ infrastrukturu. Její význam byl společensky zakotven z důvodu poskytování různých funkcí či služeb společnosti. Přestože byly tyto infrastruktury pro tehdejší společnost důležité, první období je charakteristické tím, že nebyla jejich posuzování příliš věnována pozornost. Tato infrastruktura však byla součástí plánů na ochranu nebo obranu společnosti (Mozga a Kovářík, 2010). V případě jejího poškození mohla mít tato skutečnost nadozírné následky pro fungování příslušné komunity (celé společnosti).

Teprve v nedávné době došlo k vymezení jednotlivých sektorů „kritických“ infrastruktur. (Critical Foundations, 1997; Zaharia, 2012). V druhém období již byly vymezovány funkce a služby poskytované v rámci sektorů (lze chápat např. jako odvětví hospodářství). Sektorový přístup (Santos a Haimes, 2006) bohužel umožňoval řešit problematiku v rámci jediného sektoru, což však s sebou přinášelo možnost důkladně se zabývat problematikou předmětného sektoru. Podstatnou nevýhodou byl však fakt, že byly posuzovány pouze dopady nefunkčnosti v rámci jediného sektoru. Toto zásadní omezení nemohlo bohužel reflektovat celkový stav systému.

Třetí období nazvané jako systémové hodnocení dopadů je již kombinací výše zmíněných přístupů („Top Down“ a „Bottom-Up“). Jedná se o posouzení systémového dopadu prvků infrastruktur, a to na základě výpadku funkce příslušného prvku (Taquetel a Lewis, 2012). Při využití tohoto systému hodnocení mohlo docházet k získávání rozdílných výsledků. V rámci systému hodnocení mohly být mimo kritických prvků taktéž identifikovány zdánlivě nekritické prvky. V případě výpadku jejich funkce mohlo dojít k významnému nežádoucímu ovlivnění společnosti. Systémové hodnocení tedy rozšiřovalo oblast zaměření výzkumu dopadů mimo hranice jednotlivých sektorů. Tento přístup zároveň umožňoval zamyslet se nad důsledky výpadku v různých rovinách, např. napříč celým systémem, uvnitř jediného sektoru apod. (více lze nalézt v Rinaldi et al., 2001).

Jako čtvrté období je zmíněno systémové hodnocení příčin a dopadů. Identifikace příčin možného narušení funkce prvku a kvantifikace následků takového výpadku je orientována na systém jako celek. Součástí tohoto způsobu posuzování je taktéž

zohlednění vazebnosti mezi prvky infrastruktur (CIRAS Project, 2015).

Očekávanými výsledky u tohoto způsobu posuzování je důležitost prvku a rizika ohrožující jeho požadovanou funkčnost (stabilitu). Analýza lokálních vlastností prvků či skupin prvků (Jönsson et al., 2008) je také velmi důležitá z důvodu snížení zranitelnosti celého systému. Navíc je možné získat jiný úhel pohledu na tuto problematiku, který by mohl být jinak přehlédnut a zajímavé poznatky o chování systému a jeho prvků by tak mohly zůstat skryté.

Další širokou oblastí může být kvantifikace dopadů vícecestného působení (tzv. synergického efektu) v důsledku selhání kritické infrastruktury (Rinaldi et al., 2001). Za účelem kvantifikace dopadů synergického efektu byla vyvinuta metodika SYNEFIA, což je zkratka utvořená z anglických slov SYNergistic EFect Impact Assessment (Řehák et al., 2016). Širokou oblast také představuje výzkum kaskádních dopadů (termín zaveden v publikaci Rinaldi et al., 2001). Za účelem kvantifikace šíření kaskádních dopadů v systému kritické infrastruktury byla vyvinuta modulární metoda CIA, což je zkratka utvořená z anglických slov Cascading Impact Assessment (Řehák et al., 2017). Problematika šíření kaskádních dopadů je v současné době hojně řešena v odborných publikacích (např. Utne et al., 2011; Kotzanikolaou et al., 2013; Ouyang, 2014)

Důkladná analýza provázanosti vazeb a šíření poruch v systému kritické infrastruktury jsou také základem pro modelování dopadů selhání kritické infrastruktury (Bagheri a Ghorbani, 2010; Holden et al., 2013; Řehák a Novotný, 2016). Složitost a velikost systému však může komplikovat provedení důkladného hodnocení příčin a dopadů v rámci systému. Z toho důvodu je třeba využívat stále novější přístupy (Johansson et al., 2011), které jsou schopny zvládat třeba i násobné narušení funkce ve více než jedné struktuře (resp. ve více propojených strukturách) a z toho plynoucích závislostí napříč systémem (Rinaldi et al., 2001; Rinaldi, 2004).

Nejnovějším přístupem ke zkoumání kritické infrastruktury je systémová indikace příčin a dopadů a hodnocení resilience kritické infrastruktury (Ouyang a Wang, 2015). Jedná se o holistický přístup k hodnocení resilience kritické infrastruktury založený na komplexním vnímání oblastně specifického prostředí (sociálního, technologického apod.). Podstatou je systémový přístup spočívající v mezisektorovém hodnocení založeném na zkoumání vzájemných vazeb jednotlivých sektorů kritické infrastruktury. Přístup zohledňuje šíření kaskádních dopadů a synergické efekty v systému kritické infrastruktury a v současné době je uplatňován v některých vyspělých zemích, jako např. Spojené království a Nizozemsko (National Safety and Security Programme, 2008; Ritchie, 2011; Risk assessment, 2013). Zmíněný přístup zohledňuje hodnocení kritické infrastruktury od nejnižší úrovně (město, kraj) směrem nahoru a je možné jej vnímat jako logické pokračování stávajících výzkumných aktivit v oblasti kritické infrastruktury.

Důležitost a význam hodnocení a zvyšování resilience byl již analyticky popsán v mnoha dílech (v oblasti kritické infrastruktury lze uvést např. Prior a Hangmann, 2012). Provedené hodnocení resilience a analýza vybraných přístupů je základem pro praktickou aplikaci navržených postupů. Jen pro oblast kritické infrastruktury existuje celá řada odborných publikací týkajících se hodnocení resilience, indikátorů potřebných pro takové hodnocení (jako příklad a zdroje dalších informací lze uvést Cutter et al., 2008; Petit et al., 2013; Prior, 2015 a další) a mnoha dalších oblastí.

2.4 Systém určování kritické infrastruktury v České republice

Způsob určování kritické infrastruktury může probíhat na dvou úrovních. První úroveň je národní, která je zároveň výchozí pro určování evropské kritické infrastruktury a tvoří druhou úroveň celého systému určování kritické infrastruktury.

2.4.1 Určování národní kritické infrastruktury

Kritická infrastruktura je od roku 2010 (resp. s účinností od roku 2011) v České republice řešena implementací požadavků Evropské směrnice (Směrnice Rady, 2008) do národní legislativy prostřednictvím novely zákona o krizovém řízení (Zákon 430, 2010) a jeho prováděcího předpisu (Nařízení vlády 432, 2010). Garantem problematiky kritické infrastruktury v České republice je Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. Na základě platného zákona jsou tedy v České republice určovány prvky kritické infrastruktury ve dvou vertikálních úrovních, a to na úrovni národní a evropské, přičemž výchozí úrovní je úroveň národní.

V České republice jsou prvky na národní úrovni určovány celkem v devíti sektorech (Energetika, Vodní hospodářství, Potravinářství a zemědělství, Zdravotnictví, Doprava, Komunikační a informační systémy, Finanční trh a měna, Nouzové služby, Veřejná správa). Způsob určování prvků pro jednotlivé úrovně je založen na splnění průřezových a odvětvových kritérií⁵ (Zákon 240, 2000; Nařízení vlády 432, 2010). Průřezová kritéria slouží pro posouzení dopadu, který je způsoben potenciální nefunkčností posuzovaného prvku příslušného odvětví kritické infrastruktury. Tato kritéria slouží k posouzení dopadu vzhledem k možným obětem, ekonomickým dopadům a dopadům na veřejnost. Limitní hodnoty těchto kritérií na národní úrovni jsou stanoveny nařízením vlády České republiky (Nařízení vlády 432, 2010). Oproti tomu odvětvová kritéria se skládají z technických nebo provozních limitních hodnot, s nimiž jsou poté porovnávány

⁵ Využití průřezových a odvětvových kritérií vychází z evropské směrnice (Směrnice, 2008), kdy jsou tato kritéria doporučována členskými státy implementovat do procesu určování národní kritické infrastruktury.

technické nebo provozní hodnoty posuzovaných prvků (Zákon 240, 2000; Nařízení vlády 432, 2010).

Právní rámec týkající se kritické infrastruktury v České republice v současné době plně respektuje Evropskou směrnici (Směrnice Rady, 2008), která vychází ze strategického dokumentu Zelená kniha (2005). Ve vazbě na problematiku kritické infrastruktury v Evropské unii byly v České republice vytvořeny dva strategické dokumenty, a to Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury (2010) a Národní program na ochranu kritické infrastruktury (2010). Implementace těchto dvou národních strategických dokumentů byla do národní legislativy provedena aktualizací zákona o krizovém řízení (2000) v roce 2010 a prováděna nařízením vlády o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury (2010). Nutnost ochrany kritické infrastruktury vyplývá mj. i z Bezpečnostní strategie České republiky (2015).

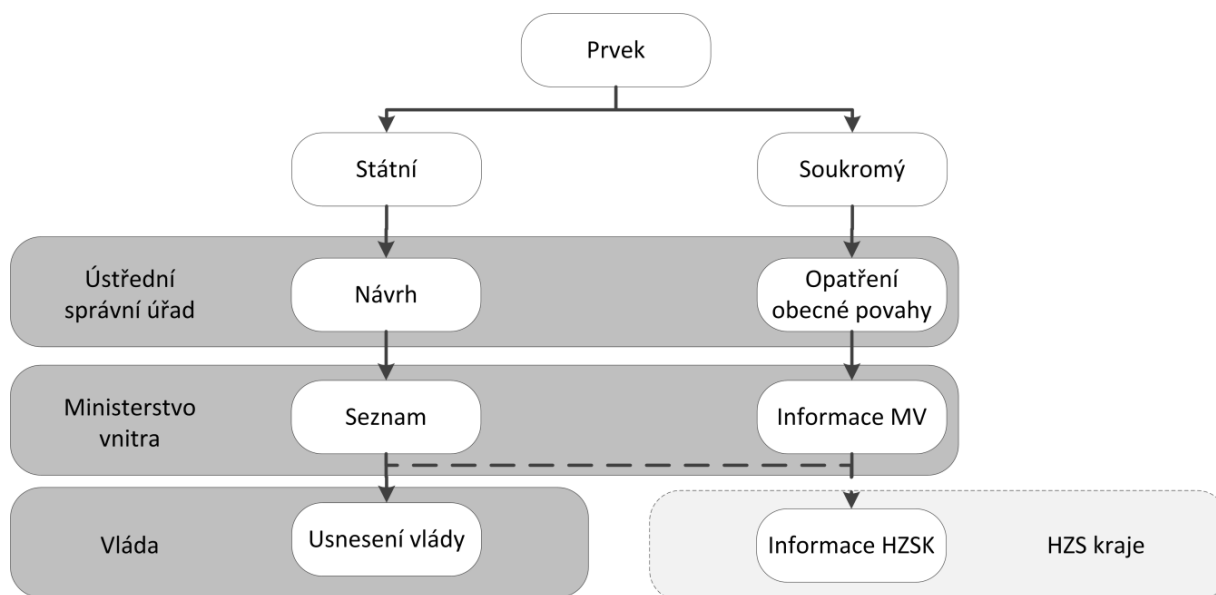
Národní program na ochranu kritické infrastruktury (2010) vymezuje v předmětné oblasti základní kritérium pro určení kritické infrastruktury, kterým je nenahraditelnost (resp. Národní program rozlišuje nahraditelnost a nenahraditelnost). Nenahraditelnost (Národní program, 2010) je chápána tak, že funkci prvku infrastruktury nelze v krátkém časovém období obnovit. Respektive do doby obnovy lze funkce poskytované prvkem nahradit pouze provizorně s tím, že toto provizorní řešení významně ovlivní život obyvatelstva (může se jednat o omezení nebo znemožnění poskytování základních životních potřeb obyvatelstvu a fungování veřejné správy). V případě výpadku funkce nenahraditelného prvku existuje vážný předpoklad nutnosti vyhlášení regulačních stupňů, stavů nouze, případně krizových stavů, a tato opatření mohou z hlediska územní působnosti dosáhnout i celostátní úrovně.

Konkrétní hodnoty pro odvětvová i průřezová kritéria sloužící pro určování prvků kritické infrastruktury na národní úrovni jsou uvedeny v příslušném nařízení vlády (2010). Pro národní úroveň kritické infrastruktury bylo vymezeno celkem devět sektorů (viz výše), v nichž mohou být následně pomocí průřezových kritérií určovány prvky národní kritické infrastruktury. Na základě výše zmíněného tedy průřezová kritéria vymezují hranici dopadů způsobených výpadkem prvku infrastruktury příslušného sektoru (Nařízení vlády 432, 2010), a to na oblast životů, zdraví a majetku. Limitní hodnoty (nebo také „hlediska“) pro určení prvku kritické infrastruktury na národní úrovni jsou následující (Nařízení vlády 432, 2010):

- Počet obětí s mezní hodnotou více než 250 mrtvých nebo více než 2 500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin.
- Ekonomický dopad s mezní hodnotou hospodářské ztráty státu vyšší než 0,5 % hrubého domácího produktu.

- Dopad na veřejnost s mezní hodnotou rozsáhlého omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života, který postihuje více než 125 000 osob.

Postup určování prvků kritické infrastruktury je uveden na obrázku 4. Zároveň je zde prezentován rozdílný přístup, a to v případě kdy prvek náleží do soukromého či veřejného (státního) sektoru.



Obrázek 4: Postup určování prvků kritické infrastruktury (Kolektiv autorů, 2011)

V případě, kdy je subjekt (tedy vlastník nebo provozovatel prvku) organizační složkou státu, ministerstva a jiné ústřední správní úřady zašlou návrhy prvků Ministerstvu vnitra, které z takto zaslaných podkladů zpracuje seznam. V dalším kroku je seznam předložen vládě, která usnesením rozhodne o prvcích kritické infrastruktury, jejichž provozovatelem je organizační složka státu (Kolektiv autorů, 2011). V případě určování prvků kritické infrastruktury, jejichž provozovatelem není organizační složka státu, realizují rozhodující činnost gesční ministerstva a jiné ústřední správní úřady. Ta v souladu se zákonem opět aplikují příslušné definice a kritéria a následně určí prvky opatřením obecné povahy a o tomto určení bez zbytečného odkladu informují Ministerstvo vnitra.

Odpovědnost za ochranu prvku kritické infrastruktury náleží přímo subjektu kritické infrastruktury, tedy vlastníku či provozovateli prvku (Zákon 240, 2000). Za tímto účelem je subjekt mj. povinen vypracovat plán krizové připravenosti subjektu kritické infrastruktury (Nařízení vlády 462, 2000). V rámci plánu je mimo jiné věnována pozornost následujícím oblastem:

- přehledu a hodnocení možných zdrojů rizik,
- analýzy ohrožení,
- možného dopadu rizik na činnost subjektu,
- seznamu prvků kritické infrastruktury v gesci subjektu,

- identifikaci možných ohrožení funkce jednotlivých prvků kritické infrastruktury,
- přehledu opatření vyplývajících z krizového plánu příslušného orgánu krizového řízení,
- způsobů zajištění provedení zmíněných opatření,
- způsobu zabezpečení akceschopnosti subjektu pro zajištění provedení krizových opatření a ochrany činnosti subjektu a
- postupy řešení krizových situací identifikovaných v analýze ohrožení.

U strategických priorit ochrany obyvatelstva uvedených v nové Koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 (2013) je hovořeno o zvýšení odolnosti a ochrany prvků kritické infrastruktury proti možným rizikům a zajištění širšího zapojení subjektů kritické infrastruktury do procesu přípravy na mimořádné události a krizové situace. Stejný strategický dokument (Koncepce, 2013) zmiňuje další nejasný postup ze strany Evropské unie, a proto je nezbytné systém ochrany kritické infrastruktury v ČR dále rozvíjet a zdokonalovat.

2.4.2 Určování evropské kritické infrastruktury

Na základě informací obsažených v předcházející podkapitole je zřejmé, že výchozí úroveň pro určování evropské kritické infrastruktury je národní úroveň. Postup pro určení evropské kritické infrastruktury přitom vychází striktně z přílohy III Směrnice Rady (2008). Potenciální evropská kritická infrastruktura musí splnit všechny ze čtyř následujících kroků, aby mohla být určena za evropskou kritickou infrastrukturu, a jedná se o následující (Směrnice Rady, 2008; Pidhaniuk, 2016):

- 1) Členský stát nejprve uplatní odvětvová kritéria, a to pro odvětví určená ve výše zmíněné směrnici. Jedná se tedy o odvětví energetiky a dopravy⁶, kde jsou uplatněna odvětvová kritéria dle utajované přílohy této směrnice.
- 2) Členský stát dále uplatní definici kritické infrastruktury, tedy že se rozumí *„kritickou infrastrukturou prostředky, systémy a jejich části nacházející se v členském státě, které jsou zásadní pro zachování nejdůležitějších společenských funkcí, zdraví, bezpečnosti, zabezpečení nebo dobrých hospodářských či sociálních podmínek obyvatel a jejichž narušení nebo zničení by mělo pro členský stát závažný dopad v důsledku selhání těchto funkcí“* (Směrnice Rady, 2008).
- 3) Každý členský stát poté použije na potenciální přeshraniční prvek evropské kritické infrastruktury definici, že se rozumí *„evropskou kritickou infrastrukturou nebo EKI kritická infrastruktura nacházející se v členských státech, jejíž narušení nebo zničení by mělo závažný dopad pro nejméně dva*

⁶ Směrnice Rady 2008/114/ES zároveň uvádí, že dalším možným odvětvím evropské kritické infrastruktury by mohlo být odvětví informačních a komunikačních technologií.

členské státy. Závažnost dopadu se posuzuje podle průřezových kritérií. To se vztahuje i na účinky způsobené meziodvětvovými závislostmi na jiných typech infrastruktury“ (Směrnice Rady, 2008).

- 4) Na zbývající potenciální evropskou kritickou infrastrukturu uplatní každý členský stát průřezová kritéria. Přesné vymezení prahových hodnot průřezových kritérií si členské státy stanovily samy. Evropská komise vydala nezávazné pokyny s uvedením prahových hodnot průřezových kritérií pro členské státy, nicméně jednalo se pouze o prahové hodnoty indikativní.

Postup následující po splnění předcházejících kroků je přesně definován ve Směrnici Rady (2008). Potenciální evropskou kritickou infrastrukturu, která vyhověla výše uvedeným krokům, je třeba oznámit členským státům, pro něž může mít závažný dopad. Prahové hodnoty průřezových kritérií zahrnují tři oblasti: kritérium obětí (posuzováno podle možného počtu mrtvých či zraněných), druhou oblastí je kritérium ekonomického dopadu (posuzováno dle závažnosti hospodářské ztráty nebo zhoršení kvality výrobků či služeb, včetně případných dopadů na životní prostředí) a třetí oblastí je kritérium dopadu na veřejnost (posuzováno podle dopadu na důvěru veřejnosti, fyzické strádání a narušení každodenního života, včetně ztráty nezbytných služeb). Evropská komise může daný členský stát upozornit na existenci potenciální evropské kritické infrastruktury, o níž lze usoudit, že splňuje výše zmíněné požadavky.

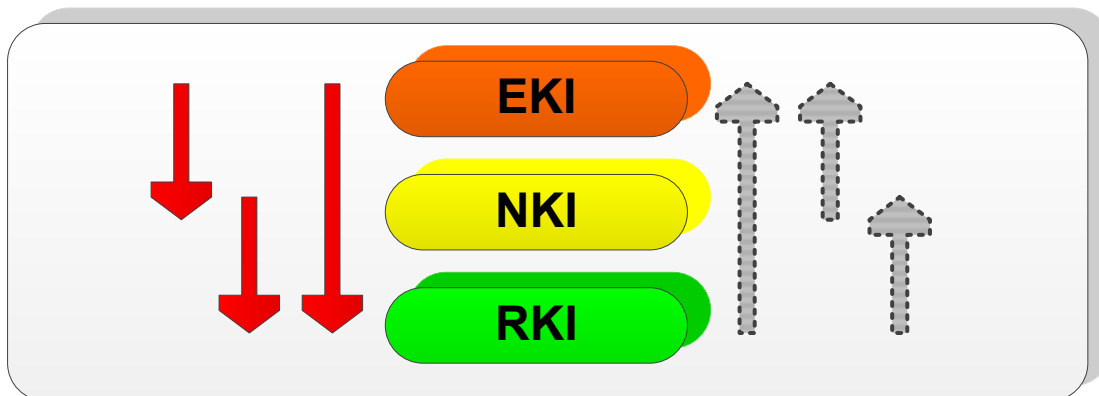
2.5 Úrovně kritické infrastruktury

Účelem výše zmíněného textu bylo pochopení základů problematiky kritické infrastruktury. Zároveň byly zmíněny různé úrovně, na nichž může být problematika ochrany kritické infrastruktury řešena. Cílem této části kapitoly je vysvětlení vztahu mezi kritickou infrastrukturou na různých úrovních, tedy úrovni evropské, národní a také zmiňované regionální (Koncepce, 2008; Koncepce, 2013).

Již na úrovni evropského společenství kompetentní orgány přijaly odpovědnost za zachování funkčnosti kritických infrastruktur (Zelená kniha, 2005). Následně byla určena pravidla pro výběr evropských kritických infrastruktur, přičemž odpovědnost za určení těchto infrastruktur nese každý členský stát. Stanovení kritické infrastruktury na národní úrovni je v právním prostředí České republiky svěřeno do gesce ústředních správních úřadů státní správy (Zákon 430, 2010; Nařízení vlády 432, 2010) a z této úrovně jsou stanovena pravidla pro splnění odvětvových kritérií.

Národní kritická infrastruktura je samozřejmě provázána s evropskou kritickou infrastrukturou, přičemž narušení národní úrovně kritické infrastruktury nemůže ohrozit úroveň evropské kritické infrastruktury při správném postupu určování

kritických infrastruktur. Opakem je případ uvedený v krizovém zákoně (2010), kdy narušení evropské kritické infrastruktury na území České republiky může mít závažný dopad na další členský stát Evropské unie. Obdobný vliv může mít evropská úroveň kritické infrastruktury na úroveň regionálních (resp. krajských) kritických infrastruktur, kdy by došlo k jejich narušení, avšak proces opačný by nastat neměl. Obdobně by toto tvrzení mělo platit i o vztahu národní úrovně a krajské úrovně kritické infrastruktury. Proces vertikálních závislostí je znázorněn na obrázku 5.



Obrázek 5: Vertikální závislosti úrovní kritické infrastruktury

Nelze však vyloučit závislosti synergických či kaskádových efektů (Rinaldi et al., 2001). Příkladem mohou být události započaté dne 4. listopadu 2006 (Tuttle, 2013) lodí společnosti Norwegian Pearl, která se pokoušela po řece Ems doplnout do města Papenberg v Německu. Pracovníci energetického holdingu E.ON byli nuceni na lokální síti odpojit elektrické vedení vedoucí přes řeku. Dočasné odpojení místní linky způsobilo rozdělení sítě na tři nezávislé části a následně vyvolala masivní kaskádový kolaps sítě jednotlivých zemí napříč Evropou. Více než 15 milionů domácností bylo dotčeno výpadkem, především v několika spolkových zemích v Německu, dále ve Francii, Itálii, Španělsku a Rakousku. Elektrické sítě v Belgii, Holandsku a Chorvatsku byly vystaveny nepřirozenému zatížení a docházelo k místním výpadkům. Evropa se v tu chvíli velmi přiblížila nebezpečnému celokontinentálnímu blackoutu (Tuttle, 2013). Na základě znalostí o infrastruktuře bychom měli být schopni porozumět procesům vertikálních závislostí, jelikož cílem je bezpečné rozvrstvení kritických infrastruktur a plánování opatření jejich ochrany.

Proces závislostí horizontálních, tedy mezi jednotlivými prvky příslušné kritické infrastruktury nebo sektory či sub-sektory je natolik složitý, že se teprve v současné době v rámci České republiky objevují první výzkumné záměry na toto téma (např. Řehák et al., 2016). V zahraničí jsou již tyto záměry pozorovatelné delší časové období, jak je patrné z příslušné literatury (Rinaldi et al., 2001; Ghorbani a Bagheri, 2008; Murray a Grubestic, 2012). Vzhledem k provázanosti jednotlivých úrovní kritické infrastruktury a jejich vztahů z pohledu horizontálních

či vertikálních závislostí lze jen obtížně důkladně provádět modelování bez užití softwarových nástrojů nebo matematických modelů (Ghorbani a Bagheri, 2008; Yusta et al., 2011).

2.6 Dílčí závěr

S postupnou migrací obyvatel do velkých měst dochází k nárůstu jejich závislosti na nejrůznějších infrastrukturách. V kontextu uspokojování základních lidských potřeb lze konstatovat, že některé z těchto infrastruktur mohou být považovány za kritické, neboť jejich narušení či selhání by mohlo mít závažný dopad na státěm chráněné zájmy, tj. bezpečnost státu, ekonomiku a základní životní potřeby obyvatelstva (Směrnice, 2008).

Na uvedených historických příkladech je zřejmé, že společnost si již od nepaměti uvědomovala potřebnost vybudování určité infrastruktury, která mohla plnit různé účely. Takové infrastruktury jsou poté logicky lidmi využívány hojně a vnímány jako důležité (neboli pro společnost kritické). S přicházejícím pokrokem těchto infrastruktur logicky přibývá. Společnost si uvědomuje důležitost těchto infrastruktur a význam jejich ochrany postupně roste.

Problematika kritické infrastruktury začala být řešena nejprve ve Spojených státech amerických. Na základě vyvstávajících problémů v důležitých odvětvích hospodářství (tj. zejména energetika, doprava a informační a komunikační technologie) začala být tato problematika následně řešena také v Evropě. V Evropské unii tento vývoj taktéž postupuje a logicky by měl být vidět i tento postup také v České republice.

Ochrana prvků kritické infrastruktury je vnímána jako důležitá oblast, avšak základním předpokladem je vhodně nastavený proces určování prvků a subjektů kritické infrastruktury. V současné době je jejich určování nastaveno jako direktivní přístup „top-down“, který však nereflektuje prvky a subjekty významné pro úroveň nižší než národní, tedy bohužel nikoliv pro regionální úroveň.

Základními východisky pro určování prvků kritické infrastruktury na regionální úrovni v České republice je Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020 (Koncepce, 2008). Tato koncepce hovoří vedle národní a evropské úrovně kritické infrastruktury také o úrovni krajské a místní. Tyto dvě úrovně lze shrnout pojmem „regionální kritická infrastruktura“. Koncepce (2008) dále uvádí nutnost zkoumání vazeb jak mezi jednotlivými sektory, tak i mezi jednotlivými úrovněmi kritické infrastruktury. Taktéž nová Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 (Koncepce, 2013), která byla projednána a přijatá usnesením vlády ČR č. 805 ze dne 23. října 2013 (Usnesení vlády 805, 2013), v rámci strategických priorit ochrany obyvatelstva pojednává o zvýšení odolnosti a ochrany prvků kritické infrastruktury. Koncepce (2013) dále

zmiňuje, že vzhledem k nejasnému dalšímu postupu Evropské unie v ochraně kritické infrastruktury je nutné ochranu kritické infrastruktury dále rozvíjet a zdokonalovat zejména na úrovni České republiky, tedy zachovat řešení problematiky ochrany kritické infrastruktury na úrovni státní správy jako jedné ze zásadních oblastí krizového řízení. Zmíněné opatření lze samozřejmě provádět i jako výkon přenesené působnosti na nižší úrovni. Jako strategický cíl do roku 2030 pak koncepce (2013) uvádí zejména revizi odvětví kritické infrastruktury s ohledem na plánovanou novelizaci⁷ nařízení vlády o kritériích pro určení prvků kritické infrastruktury (Nařízení vlády 432, 2010).

⁷ Poslední novelizace byla v době zpracování disertační práce realizována Nařízením vlády č. 315/2014 Sb. ze dne 8. prosince 2014 s účinností od 1. ledna 2015.

3 Cíl a omezení disertační práce

Hlavním cílem disertační práce je navržení systému určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury.

Výběr předloženého cíle byl determinován následujícími skutečnostmi:

- Není definována regionální kritická infrastruktura.
- Není nastaven systém určování subjektů a prvků regionální kritické infrastruktury.
- Není možné provést identifikaci regionální kritické infrastruktury.

Pro naplnění hlavního cíle disertační práce je předpokládáno splnění následujících stanovených dílčích cílů:

- Stanovení postupu určování prvků regionální kritické infrastruktury.
- Stanovení hodnotících kritérií pro určování těchto prvků.
- Definování odpovědností a kontrolních mechanismů subjektů regionální kritické infrastruktury.

Pro splnění dílčích cílů je potřebné zabývat se detailněji následujícími oblastmi:

- Analýzou přístupů vhodných pro určování prvků regionální kritické infrastruktury.
- Metodami, které je možno užívat při postupu určování prvků regionální kritické infrastruktury.
- Kritérii pro určování prvků regionální kritické infrastruktury.

Očekávané přínosy disertační práce:

- Přínos pro vědní obor lze spatřovat ve výzkumu oblasti, jenž v současné době nedisponuje dostatečným teoretickým základem, a v návrhu zcela nového progresivního přístupu určování prvků a subjektů kritické infrastruktury.
- Teoretickým přínosem této práce je nejen komplexní teoretický přehled řešené problematiky, sloužící jako podrobný zdroj informací, ale především nadefinování regionální kritické infrastruktury a nastavení východisek systému určování prvků a subjektů kritické infrastruktury na této úrovni.
- Přínos pro praxi je spatřován v nadefinování postupu umožňujícího určování prvků kritické infrastruktury regionální úrovně, jakož i v implementaci několika doporučení a přístupů obsažených ve strategicky významném rámci ze Sendai (Sendai Framework, 2015).

Pro zpracování disertační práce byla přijata následující omezení:

- Územní omezení práce spočívá ve vertikální úrovni, tedy vymezení regionu. Pro zjednodušení návrhu a z hlediska územního členění České republiky bude na „region“ pohlíženo jako na úroveň vyšších územně samosprávných celků, tedy krajů.
- Praktická aplikace navrženého modelu bude provedena ve vybraném modelovém regionu. Využitelnost navrhovaného řešení je spatřována obecně pro regiony různých velikostí.
- Praktická aplikace navrženého modelu bude realizována v sektoru dopravy.
- Práce bude zaměřena na kroky a postupy, které je třeba učinit pro určování regionálních subjektů prvků kritické infrastruktury. Z toho důvodu bude v práci pouze zmíněna vazba na krok následující po určování, a to vazba na ochranu prvků kritické infrastruktury regionu.

4 Metodologie disertační práce

Kapitola shrnuje obecné metody, které jsou při tvorbě disertační práce využívány a které je možno aplikovat v různých vědeckých oborech. Vzhledem k tomu, že předmětná oblast je dosti specifická, jsou zde zařazeny taktéž metody specifické.

4.1 Obecné metody

V průběhu řešení práce jsou využívány základní metody sloužící k řízenému procesu, který by měl být opakovatelný se shodnými výstupy (výsledky).

Pozorování je základní vědeckou metodou a tvoří tak základ veškerého vědeckého bádání. Může se jednat taktéž o přijímání nových poznatků založených na důkazech. Jedná se o soustavné a plánované vnímání určitých souvislostí směřujících k odhalení sledovaných skutečností.

Deskripce je metoda kvalitativního výzkumu, která slouží k popisu určitých stavů, znaků nebo jevů na základě vybrané sady charakteristik. Při deskripci by neměly být záměrně vynechávány ani okrajové a nahodilé stavy, znaky, jevy. Deskripce je většinou využívána současně i s následující metodou.

Klasifikace je metoda velmi úzce spjata s *deskripcí*, neboť popisované jevy, znaky, či stavy, jsou tzv. klasifikovány, neboli zaříděny do určitých kategorií pro snazší orientaci v problematice. Z toho důvodu tvoří pojmy *deskripce* a *klasifikace* úzkou skupinu metod, které jsou užívány zároveň.

Analýza spočívá v reálném nebo myšlenkovém rozkladu zkoumaného objektu, jevu či situace na dílčí části, které jsou následně podrobeny dalšímu výzkumu. Metoda je založena na předpokladu, že v každém objektu, jevu či situaci, existuje mezi dílčími částmi určitý systém a platí zde ustálené zákonitosti fungování tohoto systému. Pomocí analýzy je možné nalézt různé vlastnosti a zákonitosti a je tedy možné oddělit podstatné od nepodstatných nebo trvalé od nahodilých (vlastností a zákonitostí).

Komparace je český ekvivalent latinského slova „comparare“, jehož význam je srovnávat. Na základě srovnání lze vyvozovat závěry o vlastnostech objektů nebo procesů. Předpokladem komparace je přesnost předcházejících metod – tedy *pozorování*, *deskripce* a *klasifikace*. Komparace je základní metodou hodnocení a srovnávací metody lze využít při získávání poznatků.

Analogie je český ekvivalent z řeckého „ana logon“, jehož význam je podoba, rovnání. Metoda vychází z metody *komparace* a je jí užíváno při případovém usuzování. V takovém případě je místo obecných pravidel užíváno souboru

typových pravidel dříve řešených případů. Jedná se o odvození závěrů na základě podobnosti s jiným systémem či situací.

Syntéza je český ekvivalent řeckého „syn-thesis“, jehož význam je skládání. Jedná se o myšlenkové spojení poznatků získaných *analytickými metodami*. Metoda syntézy tak tvoří základ pro pochopení vzájemné souvislosti jevů. Syntéza je tak sumarizací poznatků tvořících základ pro pochopení nových nebo dříve nedefinovaných vztahů a zákonitostí.

Logická indukce (neboli generalizace) je vyvozování obecného (teoretického) závěru na základě poznatků o jednotlivostech. Indukce umožňuje dojít k podstatě jevů a stanovit jejich zákonitosti. Induktivní závěr je možno považovat za hypotézu, protože nabízí vysvětlení. Východiskem indukce je zpracování a vyhodnocení údajů, na jejichž základě jsou formulovány závěry obecněji platné ve zkoumané oblasti. S pojmem indukce velice úzce souvisí pojem *dedukce*.

Dedukce je metodou reverzní k indukci. Jedná se o postup od méně obecného k více obecnějšímu. Jde však o přesnější vyvozování nových tvrzení při dodržování pravidel logiky. Dedukce je proces, v němž je možno otestovat, zda je vyslovená hypotéza schopna vysvětlit zkoumaný fakt. *Indukce* a *dedukce* spolu úzce souvisí, neboť *indukcí* je možno dospět k teoretickým zobecněním na základě zkoumaných jevů, a naopak je možno tyto teoretické závěry *dedukcí* ověřit.

Explanace je metoda zaměřená na logickou rekonstrukci nebo pochopení nějakého jevu či procesu, nebo jejich důvodů, apod. Zkráceně se tedy jedná o jejich výklad či vysvětlení. Logicky navazuje na předcházející *pozorování* a *deskripci*. U explanace se především jedná o vyvození teoretických závěrů, formulaci zdůvodnění příčin popisovaných jevů a staví do souvislostí určitá fakta.

4.2 Specifické metody

V práci jsou využity metody z oblastí specifických pro kritickou infrastrukturu. Některé metody jsou využívány i v jiných oborech, avšak jejich využitelnost pro předmětnou oblast není nikterak omezena.

Desk research lze vyložit jako vyhledávání, sesbírání, zpracování a vyhodnocení již existujících dat. Tato metoda je využívána především v oblastech, pro něž existuje mnoho veřejně dostupných informací, a především v mnoha zdrojích. Metoda je jedním z nejlevnějších nástrojů výzkumu, a přesto dokáže poskytnout mnoho cenných a důležitých podkladů. (Cambridge Dictionary, 2016)

Statistické metody jako skupina metod sloužících pro zpracování vstupních údajů. Vzhledem k možnosti získání empirických dat lze předpokládat využití metod z této oblasti.

Specializované metody pro oblast kritické infrastruktury využívající principy „input-output“ modelů. Vysvětlení lze provést na *Leontiefově Input-Output Modelu*, který je v obecné rovnováze analýza vstupů a výstupů, avšak s tím, že výstupy z jednoho procesu mohou být vstupy do procesu dalšího (Leontief, 1986). Metoda Wassily Leontiefa tak bere v úvahu posloupnost činností. Pomocí této metody je možno zobecnit i složité procesy napříč odvětvími a mimo jiné také tyto procesy vyjádřit pomocí určitého počtu veličin (možno taktéž vyjádřit pomocí vstupních veličin). Za účelem modelování závislostí v oblasti kritické infrastruktury byl odvozen Inoperability Input/Output Model (Ghorbani a Bagheri, 2008).

Peer-Review je považován spíše za proces nežli za metodu. Účelem je ověření kvality určitého výzkumu či myšlenek dalšími osobami s dostatečnými znalostmi ve stejné oblasti. Peer-Review tak může eventuálně napomoci i k následnému zvýšení kvality výzkumu či myšlenek. (Spier, 2002)

Metody posouzení zranitelnosti jsou specifické procesy, které je účelné využít v rámci systémového přístupu k určování prvků regionální kritické infrastruktury (Šenovský, 2007). V kontextu budování resilience kritické infrastruktury jakékoliv úrovně je nutné zmínit potřebu obeznámenosti s možnostmi narušení funkce prvků kritické infrastruktury (Lewis, 2006).

Preference stakeholderů (v českém jazyce volně přeloženo jako „zainteresovaných aktérů“) vyjadřují specifické pohledy na určitou problematiku. Z důvodu rozdílných zájmů skupin „aktérů“ zainteresovaných do celé problematiky kritické infrastruktury je vhodné vytvořit prostor pro možnost implementace těchto zájmů (Sendai Framework, 2015). Odůvodnění lze nalézt v potřebě dalšího rozšiřování spolupráce veřejného se soukromým sektorem (např. Řehák a Šenovský, 2014).

Sítová analýza je metoda, jejímž cílem je nalezení určitých zákonitostí v existujících síťových systémech (Barabási, 2005). Vlastnosti sítí vykazují různé formy vzájemně propojených funkčních systémů, vztahů a vazeb uvnitř i vně systému. Z důvodu zjednodušení je na sítě pohlíženo jako na soubor uzlů a hran (spojnic). U síťové analýzy je třeba se zaměřit na rozhodující vlastnosti sítě (Gao et al., 2016) a mělo by se jednat o její hustotu, homogenitu a symetrii. Zákonitosti obecně platné pro sítě jsou vnímány shodně i pro složité systémy (Holden et al., 2013).

Metoda kritické cesty je matematická technika, která využívá síťového diagramu. Jedná se o úvahu nad logickými závislostmi mezi aktivitami, událostmi, cenou a zdroji pro průběh procesu s cílem nalezení kritické části procesu (Chanas a Zielinski, 2001). Její praktické využití může podporovat výsledky z prováděných cvičení a vypočtených simulací. Obdobně je metoda využívána pro provádění kontroly a různých forem plánování.

5 Analýza řešené problematiky

Společnost si uvědomuje svoji závislost na infrastrukturách různého charakteru. Právě na jejich ochranu je třeba zaměřit pozornost. V současné době stále více dochází k propojování infrastruktur různého charakteru, což zvyšuje dále nároky na zajištění kontinuity jejich funkce. Za tímto účelem je kapitola věnující se analýze rozdělena na dvě části. První částí je analýza přístupů k určování kritické infrastruktury na úrovni regionu, a to ve vybraných světových zemích. Jedná se o analýzu systémů pro určování kritické infrastruktury, přičemž jednotlivé systémy jsou rozdílné a každý má svá specifika. Druhou částí je analýza technik a nástrojů používaných pro analýzu infrastruktur. Označení kritické infrastruktury za „socio-technický systém“ (Dunn, 2005) jen podtrhuje význam provedení důkladné analýzy infrastruktur různého charakteru.

5.1 Analýza přístupů k určování regionální kritické infrastruktury ve vybraných zemích

Analýza je zaměřena na přístupy k určování kritické infrastruktury ve vybraných světových zemích. Výběr zemí byl proveden na základě dvou kritérií. Prvním z nich je praktická aplikace systémového přístupu či praktické zohlednění meziodvětvových závislostí v systému infrastruktury. Druhým kritériem je určování kritické infrastruktury na regionální úrovni, nebo alespoň její vymezení. Rozvoj této problematiky byl analyzován u čtyř níže vybraných zemí odpovídajících zvoleným kritériím a u nichž bylo možno nalézt věrohodné a veřejně přístupné zdroje informací. Zároveň je možno se setkat u těchto zemí s rozdílnými pojmy v oblasti kritické infrastruktury a také s dalšími specifickými pojmy a různými přístupy. Pro následující analýzu tak bylo vybráno Švýcarsko, Nizozemsko, Velká Británie a Nový Zéland.

5.1.1 Švýcarsko

Problematika ochrany kritické infrastruktury není ve Švýcarsku vnímána jako nová oblast. Některé oblasti hospodářství bylo nutno již v minulosti chránit a existovalo také povědomí o jejich důležitosti. Na základě rozhodnutí švýcarského federálního koncilu (Critical Infrastructure Protection, 2009) byla odpovědnost za ochranu kritické infrastruktury svěřena Federálnímu úřadu pro civilní ochranu (Federal Office for Civil Protection). Následně byla založena pracovní skupina na ochranu kritické infrastruktury (Working Group on Critical Infrastructure Protection) a postupně začaly být prováděny další kroky.

Vědomí politické reprezentace o této problematice umožnilo proces určování kritické infrastruktury posunout až na úroveň Strategie ochrany národní kritické

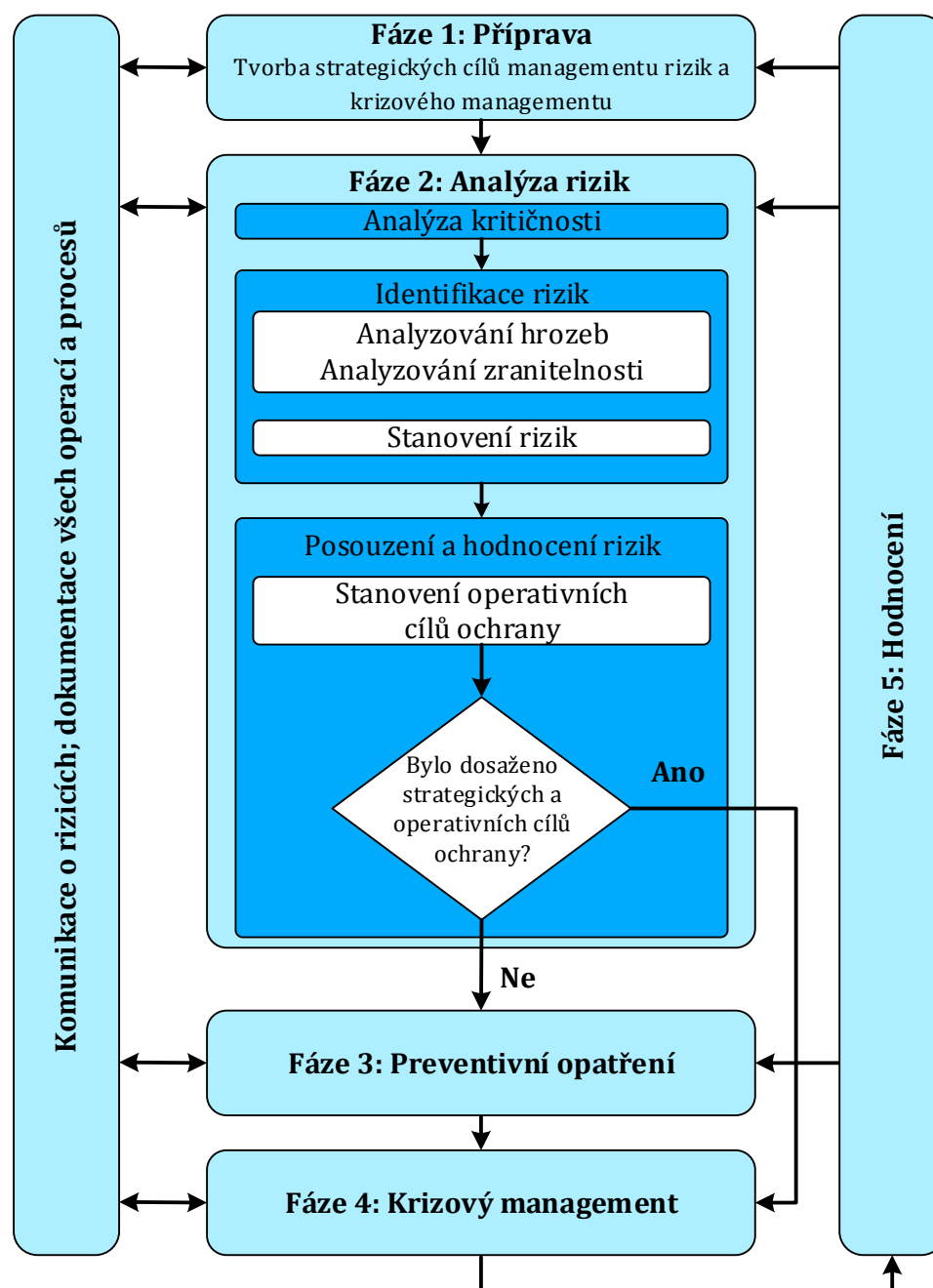
infrastruktury (Basic Strategy, 2009). Stěžejním dokumentem pro proces určování kritické infrastruktury je Metoda pro tvorbu inventáře ochrany kritické infrastruktury (dále také „Metoda SKI“), v originále Methode zur Erstellung des Schutzes Kritischer Infrastrukturen - Inventars (2010). Metoda SKI má za cíl označit objekty infrastruktury, které vykazují vysokou míru kritičnosti. Kritičnost (Basic Strategy, 2010) je vztažena k následkům, jež mohou vzniknout při výpadku, poruše nebo zničení příslušného objektu infrastruktury, avšak není zohledňována pravděpodobnost (tento přístup by měl umožnit přiměřené stanovení priorit a opatření na ochranu). Mimo jiné mají být taktéž identifikovány objekty kritické infrastruktury na národní nebo regionální úrovni.

Při přípravě inventáře jsou zúčastněny celkem tři následující hlavní skupiny aktérů (Methode, 2010):

1. *Základní skupina* pracuje na rozvoji inventáře. Je závislá především na základní řídicí skupině složené z členů pracovní skupiny ochrany kritické infrastruktury (zde jsou zastoupeny všechny spolkové rady kompetentní z hlediska oblasti KI a jedná se o centrální řídicí a koordinační orgán v oblasti SKI). Jádrem skupiny vytváří zejména základy pro důkladné analýzy jednotlivých procesů v rámci sub-sektorů, přičemž tyto analýzy jsou nezbytné k identifikaci objektů kritické infrastruktury.
2. *Expertní komise* je druhá skupina aktérů podílející se na identifikaci objektů kritické infrastruktury. Práce skupiny je založena na zkušenostech v oblasti určování kritické infrastruktury a dále na objektivním pohledu na tuto problematiku. Expertní komise rozhoduje o orgánech disponujících v kritických systémech (subsystémech) národní úrovně dovednostmi a kompetencemi. Takové orgány má možnost komise založit pro každý sektor (ve Švýcarsku celkem 10 sektorů a 28 sub-sektorů⁸ KI) za účelem možnosti poradenství nebo rozhodování. Odpovědnost za složení expertní komise náleží spolkové radě, obdobně tak i za závěrečná pravomocná rozhodnutí. Právě spolková rada je odpovědná za oblast určování kritičnosti sektorů kritické infrastruktury.
3. *Kantonální kontaktní orgány* SKI inventáře jsou poslední skupinou aktérů přípravy inventáře. Z národní úrovně mohou být ve SKI inventáři (vyjma již identifikovaných kritických objektů) obsaženy také objekty významné z pohledu samotných kantonů. Za identifikaci těchto objektů jsou odpovědné právě kantonální kontaktní orgány.

⁸ Ačkoliv bylo v dokumentu Basic Strategy for Critical Infrastructure Protection (2009) původně identifikováno 31 sub-sektorů, na základě provedené revize (Swiss Programme, 2011) došlo k redukci sub-sektorů na 28, a to buď přeskupením, sloučením či změnou sub-sektorů. U samotných sektorů došlo k drobným změnám, avšak jejich počet zůstal zachován.

Metoda SKI inventáře nabízí možnost přístupu ke tvorbě inventáře ze dvou hledisek (Methode, 2010). Prvním z nich je oblast managementu rizik, kde je možno kombinací důkladné analýzy zranitelnosti a stanovení ohrožení pro objekty infrastruktury s vysokou mírou kritičnosti určit rizika a následně provést prioritizaci opatření k jejich redukci. Druhé hledisko se týká znalostí o lokalizovaných objektech a jejich využití pro určení prioritních možností ohrožení funkce daného objektu (např. povodně apod.). Celý proces využívaného managementu rizik (Methode, 2010) je prezentován na obrázku 6.



Obrázek 6: Proces managementu rizik využívaný obecně pro všechny sektory (Methode, 2010)

Z důvodu redukce rizik byla vypracována příručka pro analýzu rizik a zranitelnosti sub-sektorů kritické infrastruktury, a to na objekty identifikované v rámci inventáře. Odpovědnost ve všech případech přebírají příslušné orgány na různých úrovních řízení (kantony/svaz/provozovatelé). Z hlediska národní strategie (Basic Strategy, 2009) odpovídají za ochranu národní subjekty kritické infrastruktury. Z hlediska ochrany regionální kritické infrastruktury (Critical Infrastructure Protection, 2009; Methode, 2010) leží odpovědnost primárně na orgánech kantonů a provozovatelích.

Za účelem ochrany kritické infrastruktury je tedy vytvořen seznam objektů (Basic Strategy, 2009; Methode, 2010), jejichž narušením nebo výpadky bude ohroženo obyvatelstvo a jejich životní podmínky. Jedná se o objekty, které mají velký význam v oblasti dodávek základních služeb pro obyvatelstvo. Dále se také jedná o objekty, v nichž jsou uskladněny/je v nich nakládáno s nebezpečnými látkami.

Identifikace objektů kritické infrastruktury sleduje standardizovaný postup na základě sady tří jednotných kritérií (Methode, 2010): kvantitativní hodnocení, kvalitativní hodnocení a potenciálu způsobit škodu. Kvantitativní hodnocení spočívá v transformaci účelu příslušného objektu na obecný populační ekvivalent. Oproti tomu kvalitativní hodnocení zohledňuje vliv výpadku funkce příslušného objektu na celý funkčně příslušný celek (systém). Třetí a poslední kritérium zohledňuje potenciál předmětných objektů způsobit škodu (např. přehrady, sklady nebezpečných chemických látek apod.). Tento postup je založen výhradně na detailních procesních analýzách (dále poté rozpracováno v Integrated Risk Management, 2014) jednotlivých sub-sektorů, které jsou vypracovány příslušnými národními orgány. Kromě objektů, které jsou z národního hlediska identifikovány jako kritické, mohou být nahlášeny i objekty, které mají význam v rámci jednotlivých kantonů.

Za účelem identifikace a klasifikace objektů kritické infrastruktury v jednotlivých sub-sektorech je prováděno následujících pět kroků (Methode, 2010):

- Vytvoření funkční skupiny pro hodnocení kritičnosti.
- Příprava pro hodnocení kritičnosti.
- Podrobný sběr dat.
- Klasifikace objektů.
- Možnost doplnění pro kantony.

Takto vytvořený seznam objektů kritické infrastruktury (Basic Strategy; 2009; Methode, 2010) je klasifikován z hlediska ochrany utajovaných informací na stupni Tajný. Vybrané stati obsahující informace z jednotlivých oblastí (kantonů, sub-sektorů) jsou klasifikovány na stupni Důvěrné a poskytují stručný přehled o umístění objektů, správcích a významech objektů. Činnost na vytváření inventáře je prováděna a řízena výhradně základní skupinou. Celý proces tvorby inventáře

je v pravidelných intervalech revidován, a to po dvou letech obecnou revizí a po čtyřech letech revizí důkladnou.

5.1.2 Nizozemsko

Revize bezpečnosti a nastavování jejich standardů byla započata obdobně jako v jiných zemích zejména po problémech na přelomu milénia a po událostech 11.zář 2001. To bylo hlavním důvodem pro přistoupení k integraci přístupu ochrany kritické infrastruktury i v Nizozemí. *Action Line 10* Nizozemského protiteroristického plánu (Tweede Kamer, 2001) odstartoval realizaci projektu Ochrany nizozemské kritické infrastruktury (Luijckx, et al., 2003a).

Původní definice kritické infrastruktury (Tweede Kamer, 2001) zahrnovala pouze oblasti veřejné správy a průmyslu (včetně oblasti ICT) a původní plán obsahoval následující kroky: rychlou analýzu nizozemské kritické infrastruktury, stimulaci vazeb mezi veřejnou správou a soukromými subjekty, analýza hrozeb a zranitelnosti, analýza mezer v ochranných opatřeních. V roce 2002 byl vytvořen dotazník rychlého průzkumu (Luijckx et al., 2003a) a tento postupně naplňován. Veřejná správa zde uváděla produkty a služby, jež pokládala za životně důležité, včetně uvedení základních procesů a závislostí. Podklady z těchto materiálů byly poté předány Evropské unii, jelikož byly zjištěny přeshraniční vazby (ve skutečnosti byly aktivnější mezinárodní organizace, např. IATA, apod.).

Pro potřebu určení kritické infrastruktury v Nizozemí byla určena hranice mezi službami a produkty, které jsou životně důležité na národní úrovni a které jsou „pouze“ velmi důležité (Luijckx et al., 2003a; Luijckx et al., 2003b). Podobné řešení je více politickým rozhodnutím než vědeckým řešením. Již v době studené války byl vytvořen seznam strategických objektů a infrastruktur (přístavy, mosty apod.), jenž byl nazýván *seznam klíčových prvků*. Avšak dnes je již široce známo, že jsou jednotlivé objekty propojeny vazbami a závislostmi, čímž vytvářejí síťovou strukturu. Z toho důvodu je vyžadována provozně orientovaná analýza, v níž tvoří důležitou součást sektor ICT, který spojuje a řídí dnes již drtivou většinu infrastruktur (Securing Critical Infrastructures, 2015).

Kritickou infrastrukturu v Nizozemsku tvoří procesy představující určité produkty, služby nebo jsou orientovány na specifické lokality (Voortgangsbrief Nationale Veiligheid, 2015). Proces je kritický, pokud výpadek či selhání jeho funkce může vyvolat nežádoucí následky na společnost a ohrožuje tak národní bezpečnost (Securing Critical Infrastructures, 2015). Kritické procesy jsou rozděleny do dvou kategorií dle následujícího členění (Voortgangsbrief Nationale Veiligheid, 2015):

- Kategorie A: Definována jako procesy, které splňují alespoň jedno ze čtyř stanovených kritérií: (1) ekonomický dopad – pokles HDP, (2) fyzický

následek, (3) společenský následek (problémy duševní či otázky přežití), (4) kaskádový efekt.

- Kategorie B: Procesy, které splňují nižší limity výše stanovených kritérií, přičemž je uvažováno se splněním alespoň jednoho ze tří prvních kritérií.

Přehled kritických procesů je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Seznam revidovaných sektorů a služeb kritické infrastruktury v Nizozemsku, který je zaměřen na kritické procesy (Voortgangsbrieff Nationale Veiligheid, 2015)

Sektor	Produkt nebo služba, lokalita	Kritický proces	Kat.
Energetika	Elektřina	Národní přenosová a distribuční soustava	A
		Regionální distribuce elektřiny	B
	Zemní plyn	Výroba plynu; Národní přenosová a distribuční síť	A
		Regionální distribuce plynu	B
	Ropa	Dodávky ropy	A
Telekomunikace a ICT	Internet a přenos dat	Internet a datové služby	B
	Přístup k internetu a přenos dat	Přístup k internetu a přenos dat	B
	Hlasové služby a zasílání zpráv	Hlasové služby a zasílání zpráv	B
		Satelitní služby	nerozh.
Pitná voda	Pitná voda	Dodávky pitné vody	A
Voda	Primární a regionální ochrana před povodněmi	Ochrana před povodněmi a vodní management	A
Doprava	Letiště Schiphol	Řízení letového provozu	B
	Přístav Rotterdam	Řízení lodní dopravy (VTS)	B
Chemie	Chemický a petrochemický průmysl	Velkoobjemová produkce, zpracování a skladování látek chem. a petrochem. látek	B
Jaderný průmysl	Jaderný průmysl	Skladování, produkce a zpracování jaderného materiálu	A
Finance	Finanční služby	Maloobchodní transakce	B
		Spotřebitelské finanční transakce	B
		Transakce vysoké hodnoty mezi bankami	B
		Obchodování s cennými papíry	B
Veřejný pořádek a bezpečnost	Komunikace s/mezi záchranými složkami	Komunikace záchranných složek	B
		Nasazení policie	B
Veřejná správa	Digitální veřejná správa (probíhá revize)	E-government: dostupnost údajů, schopnost sdílení údajů a dostupnost datových systémů	B
Obrana	Nasazení armády	Nasazení armády	B

Výpadek kritického procesu kategorie A může mít větší potenciální efekt, než výpadek kritického procesu kategorie B. Tento rozdíl může být užitečný pro prioritizaci dalších opatření (Securing Critical Infrastructures, 2015). Kritické procesy kategorie B představují základ „regionální“ kritické infrastruktury v Nizozemí (Voortgangsbrief Nationale Veiligheid, 2015). Výpadkem takového procesu bude zajisté postižena společnost, avšak nedojde k naplnění definice, jelikož se nebude jednat o národní měřítko, nýbrž o měřítko lokální.

5.1.3 Velká Británie

Ochrana kritické infrastruktury ve Velké Británii je založena na spolupráci veřejného a soukromého sektoru. Základní odpovědnost za předmětnou oblast náleží *Cabinet Office* (viz dokument: *The National Security Strategy*, 2008), přičemž obdobu v České republice tvoří Úřad vlády. Na *Cabinet Office* leží primární odpovědnost i za oblast hodnocení rizik, z níž je vycházeno při hodnocení zranitelnosti objektů kritické infrastruktury. Monitorování probíhá neustále ministerstvy a úřady, avšak jednou za 5 let je provedena celková revize s názvem *National Risk Assessment* (Národní hodnocení rizik). V rámci procesu národního hodnocení rizik (Risk Assessment, 2013) probíhá hodnocení takových rizik, které mohou mít vliv na celek, nebo podstatnou část Velké Británie. Tyto události se vyznačují možnostmi následků v oblastech: ztrát na životech, závažného poškození společnosti, poskytování základních služeb a jejich vliv na každodenní život. Rizika jsou v rámci hodnocení členěna do třech kategorií: přírodní události, závažné nehody a úmyslné útoky.

The National Risk Register (Národní registr rizik) je vypracováván od roku 2008 jako plnění závazků z Národní bezpečnostní strategie, v originále *The National Security Strategy*⁹ (2008). Jedná se o první krok zlepšení provádění připravenosti civilních záchranných složek a obsahuje postupy, jakými lze připravit a řešit události, jež mohou Velkou Británii primárně postihnout. Širší posouzení způsobu přípravy obyvatelstva a provozovatelů je implementováno do této strategie a následně i řešeno v novějších dokumentech a strategiích (např. *Keeping the Country Running*, 2011; *National Security Strategy*, 2015).

Posouzení rizik na místní úrovni (Risk Assessment, 2013) je provázáno nejen s Národním registrem rizik, jelikož pro každé území jsou vytipovány sady rizik, ale závisí taktéž i na místních podmínkách. Místní záchranné složky jsou integrovány do systému na hodnocení rizik. Každá místní záchranná složka publikuje na webových stránkách svůj vlastní Registr společenských rizik, v originále *Community Risk Register* (Strategic Framework, 2010; *Keeping*

⁹ Další dokumenty (Strategic Framework, 2010; *National Security Strategy*, 2015) nadále rozpracovávají předmětnou oblast. Z hlediska vývoje byla však základním dokumentem právě Národní bezpečnostní strategie (*The National Security Strategy*) z roku 2008.

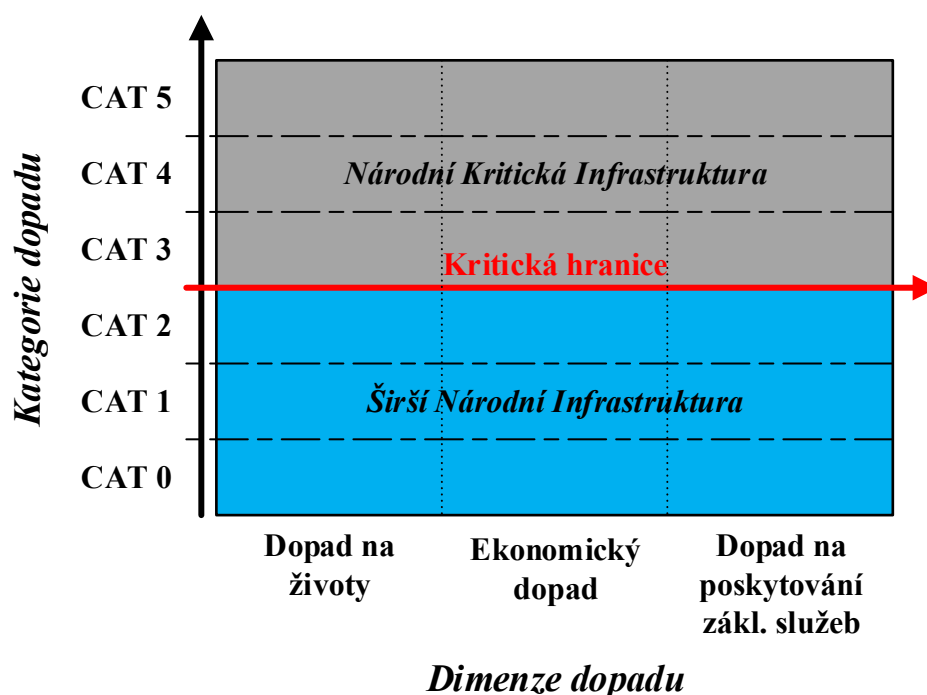
the Country Running, 2011). Zároveň je přikládána důležitost přenášení informací a dat o provádění hodnocení rizik na vyšší úrovně. Všechny organizace a provozovatelé plánující opatření by měly však čerpat z Národního registru rizik (Risk Assessment, 2013).

Dokument zabývající strategickým rámcem a politickým prohlášením, v originále *Strategic Framework and Policy Statement* (2010), je obecně zaměřen na zlepšení resilience kritické infrastruktury vůči přírodním hrozbám. Dokument poskytuje návod všem zainteresovaným subjektům, jakým způsobem je možné hodnotit kritičnost v oblasti kritické infrastruktury. Dokument je určen pro úroveň národní kritické infrastruktury, avšak nastiňuje možnosti pro určování regionální kritické infrastruktury (užíván pojem „Životně důležitá infrastruktura“, který odpovídá místním infrastrukturám). Navazující opatření jsou poté rozpracována v dalších dokumentech zabývajících se ochranou a resiliencí kritické infrastruktury a příslušných sektorů (např. Sector Resilience Plans, 2014).

Hodnocení vychází z Národního registru rizik a pro takto vybrané přírodní hrozby je zajišťována lepší ochrana kritické infrastruktury, avšak vždy pro jednotlivě vytipované hrozby zvlášť podle vypracovaných standardů. Standardy pro jednotlivé hrozby (Risk Assessment, 2013) jsou dle odpovědnosti rozděleny mezi Ústřední správní úřady. Tyto identifikují a hodnotí aktivity v jejich sektoru a zároveň hodnotí i vytipované infrastruktury, jež mohou být příslušnou hrozbou poškozeny. V neposlední řadě také Ústřední správní úřady vypracovávají programy na ochranu infrastruktur různých typů (National Security Strategy, 2015).

Infrastruktura je ve Velké Británii rozdělena na základě hodnocení kritičnosti, v originále *Criticality Scale*, na 9 sektorů¹⁰ a 29 sub-sektorů, včetně stanovení odpovědností za sub-sektory za celé království a za jednotlivé země (stanoveno v dokumentu: Strategic Framework, 2010). Z takového hodnocení vyplývá celkem šest kategorií kritičnosti v rozmezí CAT 0 až CAT 5. Přičemž právě hranice mezi úrovněmi CAT 2 a CAT 3 tvoří limitní hodnotu. Hodnota nižší úrovně kritičnosti (2 a méně) odkazuje na „další kritickou“ infrastrukturu, jelikož je zde definován možný následek na geografický region, nebo několik stovek tisíc lidí. U těchto hodnot se jedná právě o celek širší národní infrastruktury, v originále s názvem *Wider National Infrastructure*. Tato v sobě zahrnuje výše zmíněné životně důležité infrastruktury poskytující služby v určité lokalitě (viz obrázek 7), někdy je také označována jako „národní infrastruktura“.

¹⁰ V příloze příslušného strategického dokumentu (Strategic Framework, 2010) jsou uvedeny sektory národní infrastruktury. Jejich seznam se od seznamu sektorů kritické infrastruktury v České republice liší pouze názvy sektorů, avšak rozdělení je shodné.

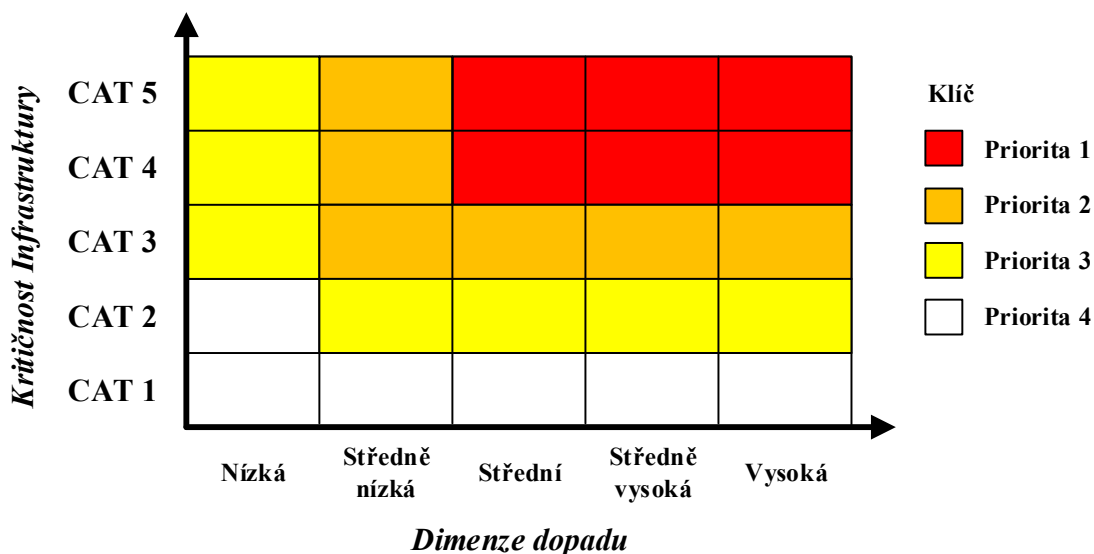


Obrázek 7: Vizualizace rozdělení infrastruktury dle úrovně kritičnosti (vychází z dokumentu: Strategic Framework, 2010)

Hranice kritičnosti je tedy stanovena pouze pro národní úroveň kritické infrastruktury. Jakékoliv vyhodnocení kritičnosti pod tuto mez (pod úroveň CAT 3) znamená označení infrastruktury za „širší národní“, nikoliv za kritickou. Z toho důvodu je jako kritická infrastruktura označována pouze pro národní úroveň. Do skupiny „širší národní infrastruktury“ mohou spadat další systémy, jež podporují dodávky služeb napříč sektory. Mohou zde být zařazeny také prvky spadající do systému označovaného jako *Infrastructure Assets*, tedy systém sdružující klíčové prvky¹¹.

Hodnocení kritičnosti (zavedeno v dokumentu: Strategic Framework, 2010) zohledňuje stupeň poškození poskytování základních služeb, rozsah takového poškození (zejména postižené území a počet postižených osob) a dobu, po níž není/nebude možno dodávat služby obyvatelstvu. Dále je zohledňován také ekonomický dopad (National Infrastructure Plan, 2013), kdy jsou posuzovány ekonomické následky výpadku. Nelze zároveň vyloučit také extrémní případ, kterým je dopad na zdraví a životy obyvatelstva (National Infrastructure Plan, 2013) a jeho hodnocení. Systém hodnocení rizik vycházející ze strategických dokumentů (např. National Infrastructure Plan, 2013) je do systému určování priorit na ochranu infrastruktury promítnut taktéž (viz obrázek 8).

¹¹ *Infrastructure Assets* (Strategic Framework, 2010) lze vyjádřit jako systém sdružující prvky klíčového významu. Příkladem mohou být prvky kulturního dědictví nebo sítě (např. elektronické zabezpečené sítě) poskytující důležité služby, či části určitých zařízení (např. bezpečnostní zařízení, apod.).



Obrázek 8: Promítnutí užití rizikově orientovaného hodnocení na rozvržení priorit v oblasti ochrany kritické infrastruktury (vychází z dokumentu: *Strategic Framework*, 2010)

Veškerá plánovaná opatření vycházející z hodnocení rizik (Risk Assessment, 2013) jsou tedy promítnuta i do ochrany kritické infrastruktury. Týká se zejména vytipování objektů, jež mají být chráněny, dále zahrnuje například i plány investic a jejich zhodnocení (National Infrastructure Plan, 2013). Opatření jsou připravována v souladu s národním registrem rizik (Risk Assessment, 2013) a je zde také zohledněna možná propojenost jednotlivých katastrof, přímé následky a možné přímé a nepřímé následky vyvolané různými přírodními katastrofami (Keeping the Country Running, 2011). Zároveň existuje pro vlastníky a provozovatele infrastruktur několik checklistů. Tyto jsou zaměřeny na možnost vlastního zhodnocení stavu ochrany před přírodními katastrofami a zároveň mohou sloužit jako podklad pro lepší porozumění celé problematice (např. porozumění přírodním katastrofám, kritičnosti, hodnocení rizik, tvorba opatření).

Veškeré činnosti v oblasti ochrany kritické infrastruktury jsou ve Velké Británii prováděny striktně dle standardů Business Continuity Management (BS25999-1:2006; BS ISO 22301:2012), jež jsou orientovány na oblast kritické infrastruktury. Z toho důvodu je kladen důraz na dodržení veškerých nastavených postupů již od úrovně Ústředních správních úřadů, až po místní úroveň, a zároveň je zajištěno plnění veškerých předurčených povinností (National Security Strategy, 2015).

5.1.4 Nový Zéland

Historie určování kritické infrastruktury je na Novém Zélandu mnohem delší, než je tomu v Evropské Unii. Zároveň je zde tato problematika mnohem více propracována¹² a postupy jsou určeny zřetelně a vždy s jasným cílem (určování, hodnocení, ověření apod.).

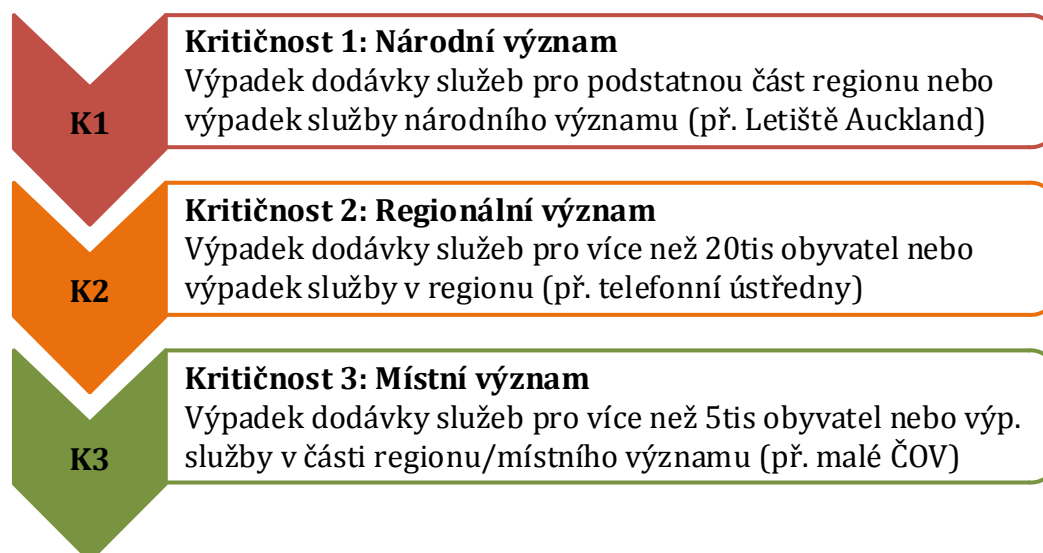
Základním dokumentem pro celou oblast Ochrany obyvatelstva je na Novém Zélandu dokument *Civil Defence Emergency Management Act* z roku 2002 (CDEM Act, 2002), jenž je obdobou krizového zákona v České republice. Tento stěžejní dokument stanoví pravomoci, odpovědnosti a zapojení všech zainteresovaných složek za systém ochrany obyvatelstva v zemi. Zároveň jsou zde v části 60 zmíněny povinnosti v oblasti ochrany kritické infrastruktury.

Pojem kritická infrastruktura není na Novém Zélandu využíván. Na místo názvu kritická infrastruktura je využíván pojem *Lifelines* (lze přeložit jako „životně důležité trasy“, avšak pojem bude dále užíván v jeho originálním znění) označující základní systémy, u nichž je nutno zachovat funkčnost (CDEM Act, 2002).

Z definice pojmu vyplývá, že se jedná o základní systémy, které mají zachovat dostupnost služeb společnosti, např. dodávky vody, doprava (silniční, železniční, námořní a letecká), dodávky plynu, komunikační sítě a odpadní systémy (voda a odpady).

Zmíněný stěžejní dokument (CDEM Act, 2002) uvádí, že primárním cílem podporování evidence *Lifelines* ze strany Ústředních správních úřadů má za cíl rozpoznání, efektivní ohodnocení a hodnocení významnosti subjektu. Takové druhy hodnocení provádějí jednotlivé skupiny, jejichž působnost je dána politickým členěním země. Jednotlivé regiony tedy provádějí hodnocení a předávají podklady na centrální úroveň. Jestliže některý z *Lifelines* vykazuje vysokou kritičnost a následky výpadku jeho funkce mají vliv na společnost mimo území regionu, jedná se o národní úroveň. Kritičnost je na Novém Zélandu vnímána jako vlastnost mající vztah s omezením služeb poskytovaných společnosti (Brown et al., 2010). Vyhodnocení úrovně kritičnosti má vztah s určením významu, a tedy i vertikální úrovně kritické infrastruktury (AELP, 2014), jak je zřejmé z obrázku 9.

¹² Mnoho dalších informací o problematice kritické infrastruktury na Novém Zélandu je možno nalézt (mimo zdroje: AELP, 2014; Summary Report, 2010) také na stránkách *Auckland Lifelines Group*, zejména poté mezi dalšími materiály projektu *Auckland Engineering Lifelines Project*: <http://www.aelg.org.nz/document-library/critical-infrastructure-reports/>



Obrázek 9: Rozdělení úrovně kritičnosti pro Lifelines a promítnutí významu do územního systému (AELP, 2014)

Důležitým poznatkem je, že samotné porozumění následků poruchy není dostačující pro správné pochopení celé problematiky. Je třeba stejnou měrou vnímat následky na společnost a ekonomické následky takového výpadku. Z toho důvodu je pozornost věnována zejména infrastrukturám, jež mohou mít významný vliv na společnost, zejména tedy (AELP, 2014; Revised National CDEM Plan, 2014):

- Složky připravující se na mimořádné události, zejména veřejná správa,
- zásobování potravinami,
- záchranné složky,
- zdravotnictví,
- bankovníctví.

V korespondenci s výše uvedeným může i tato infrastruktura nabývat různé úrovně významu (kritičnosti). Pojmy uvedené na obrázku 9 je možné vysvětlit následovně (AELP, 2014):

- **Národní význam:** Následek na celý sektor, který je významný z národního pohledu. Příklady: NorthCom¹³, Fire Headquarters Auckland¹⁴, Auckland City Hospital¹⁵.

¹³ NorthCom je renomovaný provozovatel v oblasti ICT se širokým spektrem několika set uživatelů od škol, přes podniky, veřejnou správu až po velké korporace. Působí zejména v regionu Northland. Více informací lze nalézt na: <https://www.northcom.co.nz/>

¹⁴ Fire Headquarters Auckland je ředitelství hasičů na Novém Zélandu. Jedná se zároveň o technologické centrum zabezpečující fungování příjmu tísňových volání, apod. Více informací lze nalézt na: <http://www.fire.org.nz/>

¹⁵ Auckland City Hospital je největší veřejná nemocnice na Novém Zélandu a zároveň i nenahraditelné centrum klinického výzkumu. Více informací lze nalézt na: <http://www.adhb.health.nz/patients-and-visitors/hospitals-and-clinics/auckland-city-hospital/>

- **Regionální význam:** Následek na celý sektor, který je významný z regionálního¹⁶ pohledu. Příklady: Mason Clinic¹⁷, policejní ředitelství pro příslušný region.
- **Místní význam:** Následek na celý sektor, který je významný z místního¹⁸ pohledu. Příklady: Výjezdové stanice záchranné služby, menší nemocnice.

Na Novém Zélandu je zároveň užíván pojem *Lifeline Utilities* (CDEM Act, 2002) a jedná se o provozovatele příslušné infrastruktury (tedy *Lifelines*). Existují dvě možnosti určení provozovatele takové infrastruktury (CDEM Act, 2002; AELP, 2014). První možnost existuje na národní úrovni a jedná se o přímé určení v právním předpise (např. v CDEM Act, 2002). Zde je v příloze 1 uveden seznam přímo určených *Lifeline Utilities*, kterými jsou v části A přímo určené subjekty (např. provozovatelé vyjmenovaných letišť, přístavů, dodavatelé plynu apod.), nebo v části B uvedené subjekty, které provozují vyjmenované činnosti (provozování státní dálniční sítě, provozování železniční sítě, výrobci elektřiny, dodavatelé vody, apod.). Druhou možností je poté určení, kdy taková infrastruktura vykazuje úroveň kritičnosti 1, tedy nejvyšší úroveň. Taková infrastruktura pak nabývá národního významu z hlediska zachování dodávek služeb společnosti (AELP, 2014).

Provozovatelé (tedy *Lifeline Utilities*) jsou na Novém Zélandu povinni dodržovat provádění předepsaných aktivit (CDEM Act, 2002; Revised National CDEM Plan; 2014). Tyto aktivity spočívají v neustálém prověřování a zlepšování krizových plánů, vyhodnocování hrozeb a příprava k řešení odezvy, včetně neustálého předávání aktualizovaných podkladů odpovědným subjektům (tzn. Civil Defence Emergency Management Groups).

Ve zmíněném stěžejním dokumentu (CDEM Act, 2002) je taktéž uvedena zmínka o potřebě chránit tzv. *Assets*, tedy klíčové prvky, kterými je myšleno kulturní a historické dědictví. Tyto objekty mohou být zároveň určeny jako prvky „kritické infrastruktury“ na Novém Zélandu, resp. bude určen subjekt zabezpečující provoz takových památek.

¹⁶ Region je část území Nového Zélandu, jenž má svoji samosprávu (obdoba krajů v ČR). Regionů je na Novém Zélandu celkem šestnáct, přičemž počet obyvatel se pohybuje v rozmezí několika desítek až stovek tisíc obyvatel (výjimka Auckland 1,6 mil. obyvatel) a o rozloze několika tisíc až několika desítek tisíc km². Více informací lze nalézt na: https://en.wikipedia.org/wiki/Regions_of_New_Zealand

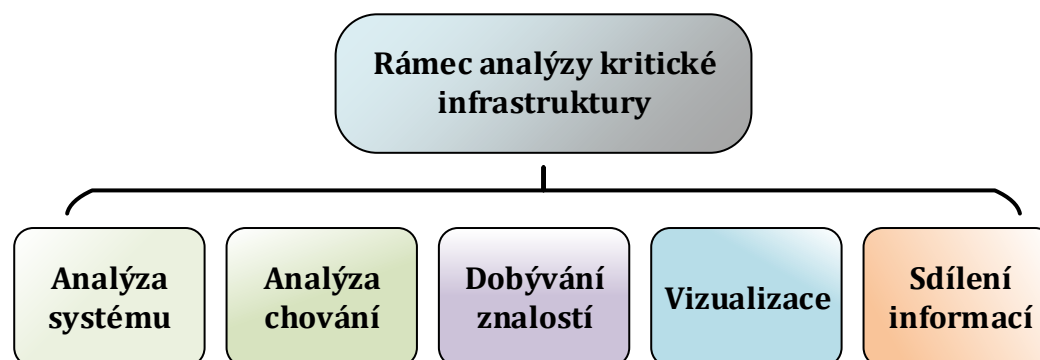
¹⁷ Mason Clinic je předním zařízením pro forenzní psychiatrii na Novém Zélandu (ne však jediné). Více informací lze nalézt na: <https://www.healthpoint.co.nz/public/mental-health-specialty/mason-clinic-regional-forensic-psychiatry/>

¹⁸ Místní úroveň si lze představit jako část území Regionu (obdoba bývalého okresu či současných ORP v ČR) nazývaná *District* (celkový počet 53 na Novém Zélandu). Více informací lze nalézt na: https://en.wikipedia.org/wiki/Districts_of_New_Zealand

Zároveň je možno v některých dokumentech (AELP, 2014; New Zealand Lifelines, 2012) nalézt pojem *Infrastructure Hotspots*. Jedná se o lokality, kde dochází ke kumulaci zájmových infrastruktur nebo klíčových prvků. Typickým příkladem může být oblast Mangere Bridge (Auckland), kde se nachází mnoho prvků z oblasti silniční a železniční dopravy, dále z přímořské a námořní plavby a prvky navazující infrastruktury jako např. produktovody apod.

5.2 Analýza technik a nástrojů používaných pro analýzu infrastruktur

Oblast kritické infrastruktury by měla být vnímána jako komplexní adaptivní systém, přičemž tento lze označit jako „socio-technický systému“ (Rinaldi, 2004; Dunn, 2005). Různé aspekty opodstatněnosti takové kategorizace systému mohou být analyzovány a popisovány z různých perspektiv. Právě rozdělení perspektiv může být z hlediska provedení analýzy infrastruktury přínosné a účelné. Jako účelné se nabízí využití rozdělení problematiky kritické infrastruktury na pět dimenzí (Ghorbani a Bagheri, 2008): analýza systému, analýza chování, znalostí báze, vizualizace, sdílení informací. Na základě takového rozdělení je možné získat mnoho podstatných informací o celém systému. Tento rámec mimo jiné koresponduje s definovanými charakteristikami vzájemných závislostí infrastruktur dle Rinaldi, et al. (2001). Znázornění zmiňovaného rámce kritické infrastruktury je provedeno na obrázku 10.



Obrázek 10: Rámec analýzy kritické infrastruktury a jeho dimenze (Ghorbani a Bagheri, 2008)

První dimenze představuje analýzu systému a umožňuje porozumět uspořádání samotné infrastruktury. Účelem je získání přehledu o uspořádání prvků, jejich vazeb na další prvky, funkci a případně odpovědnosti (např. za provedení úkonu apod.), porozumění zřejmých vzájemných závislostí (např. geografická závislost – viz Rinaldi et al., 2001) a také rizikům souvisejících s jejich funkcí.

Druhá dimenze zaměřená na analýzu chování může přinést mnoho informací z monitorování sekvence akcí (simulací). Výsledkem tak mohou být informace o chování infrastruktury nejen uvnitř infrastruktury, ale i směrem vůči celému systému. Zároveň je možné získat užitečné informace o fungování určitého prvku v rámci příslušné infrastruktury.

Dobývání znalostí, jakožto třetí dimenze zmiňovaného rámce, je založeno na skutečnosti, že lidské mechanismy nemusí vždy dokázat odhalit všechny závislosti a vzorce chování. Výsledky dlouhodobého pozorování sice mohou být stejně spolehlivé, avšak při využití simulačních nástrojů dochází k podstatnému snižování potřebného času na provedení. Dobývání znalostí může být doplňováno na základě závěrů z testování různých hypotéz či z provedených analytických prací.

Vizualizace tvoří významnou součást celého rámce a je tak jeho čtvrtou dimenzí. Předcházející dimenze nabízejí řadu možností, avšak nemusí být vždy schopné odhalit všechny vlastnosti, závislosti a vzorce chování. Jedná se především o nástroje kontroly zajišťující, že byly odhaleny všechny podstatné informace a nedošlo k jakémukoliv opomenutí. Vizualizace tedy umožňuje nalézt vzorce pro odhalení chyb v předchozích fázích.

Poslední dimenzí rámce je sdílení informací. Sdílení informací napříč všemi dimenzemi by mělo usnadnit odhalit a případně zvládat nepředvídatelné katastrofické scénáře. Sdílení informací je vyžadováno pro celý management rizik (ČSN ISO 31000:2009) a je také jedním ze základů budování resilience (Sendai Framework, 2015). Zároveň tak může přinášet nové příležitosti ke zlepšení fungování celého systému.

Zmíněné dimenze pro rámec analýzy kritické infrastruktury budou v následujících podkapitolách postupně vysvětleny a popsány jednotlivé příklady přístupů a technik. Poslední dimenzi, tedy sdílení informací, netřeba popisovat zevrubněji, neboť z hlediska pochopení bylo vše potřebné popsáno výše. Avšak je třeba zdůraznit, že z hlediska významu není nikterak snižována její opodstatněnost. Analýza systému kritické infrastruktury může být v dosti případech velmi složitá a může být zapotřebí využít softwarové řešení vyžadující nemalé množství vstupních dat. Obdobně jsou i v dalších částech této kapitoly uvedeny příklady softwarových nástrojů. Názvy technik a nástrojů jsou popsány v původním jazyce, aby nedocházelo na základě překladu k nežádoucí záměně.

5.2.1 Analýza systému

Účelem provedení analýzy systému je porozumění organizaci infrastruktury a identifikace základních složek. Identifikace systémových komponent usnadňuje specifikaci požadavků a produktů a také umožňuje rozpoznání vzájemných

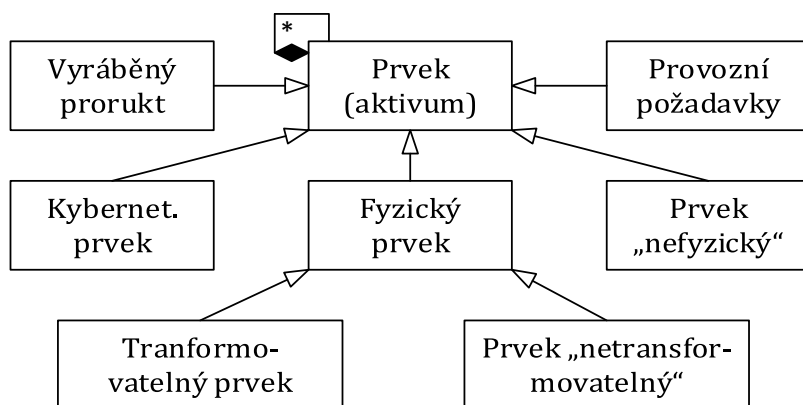
závislostí. Modely využívané pro analýzu rizik umožňují určit druhy hrozeb, rizik a také zranitelná místa ohrožující řádné fungování infrastruktury. Za tímto účelem jsou v této podkapitole zařazeny obecně známé i specifické přístupy.

Infrastructure profiling

Metoda je založena na správném porozumění uspořádání samotné infrastruktury, jejich komponent, závislostí a rizik s ní svázaných, a vyžaduje vypracování systematického strukturního schéma. Základním přínosem může být rozpoznání počáteční struktury. Jedinečné sdílení tohoto modelu mezi dvěma odlišnými skupinami vědců usnadňuje jednodušší přenos současného porozumění a existujících vědomostí pro další týmy. Tímto způsobem může docházet k usnadnění posunu výzkumu v oblasti infrastruktur. Jedná se tedy o velmi dobré procvičování postupů analyzování rizika odlišnými výzkumnými týmy. Nástrojem profilovacího mechanismu je tzv. UML-CI (Bagheri a Ghorbani, 2010), v originálním znění „Unified Modelling Language – Critical Infrastructure“, který poskytuje následujících pět základních metamodelů:

- Vlastnictví a management,
- struktura a organizace,
- TRV¹⁹ metamodel,
- zdroje,
- závislosti.

Srozumitelné grafické výstupy vytvářejí celkovou databázi na základě jazyka UML. Jednotná struktura značně zjednodušuje práci s jednotlivými metamodely. Ukázka jednoho z metamodelů je uvedena na obrázku 11.



Obrázek 11: Ukázka struktury metamodelu Infrastructure Profiling popisujícího zdroje (Bagheri a Ghorbani, 2010)

Jedním z hlavních přínosů použití UML-CI je, že jeho základní modely (metamodely) mohou být následně přizpůsobeny pro vhodné simulace chování komponentů infrastruktury.

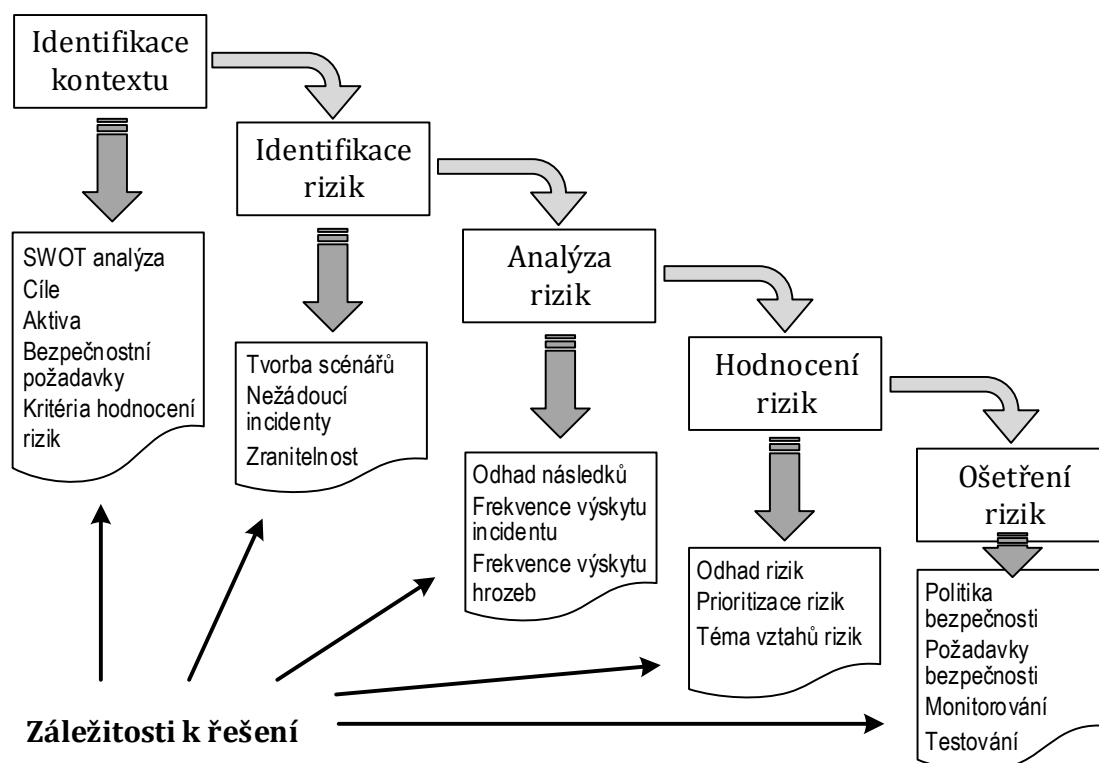
¹⁹ TRV metamodel (Bagheri a Ghorbani, 2010) lze vyjádřit jako závislost hrozeb, rizika a zranitelnosti (v originále: Threat, Risk, Vulnerability).

Risk Management

Oblast risk managementu je propracována v obecné rovině (ČSN ISO 31000:2009, ČSN EN 31010: 2010), přičemž tyto postupy lze uplatnit i pro oblast analýz systémů (infrastruktur). Veškeré prováděné postupy mají za cíl podat podklady k rozhodnutí o ošetření určitých rizik a o volbě vhodných variant řešení. Zároveň je třeba vymezit základní parametry zkoumaného systému a nastavení rozsahu platnosti a kritérií.

Obecné metody z oblasti risk managementu slouží ke zjištění a zhodnocení míry úrovně rizika procesu či události a obvykle obsahují tři základní kroky (Boehm a DeMarco, 1997) posuzování rizik, tzn. identifikace, analýza, hodnocení.

Riziko u prvků a procesů kritické infrastruktury může vyvstávat z mnoha odlišných příčin či scénářů. Pro analyzování rizik systému je třeba rizika přiřadit k jeho určitým částem, aby mohla být vhodně analyzována, zhodnocena a posouzena. Nejdůležitějšími postupy je správné identifikování zdroje rizika, validace následků a zvolení nejvhodnější strategie. Risk management nadále obsahuje potřebné stanovení hrozeb a závislostí. Celý proces je prezentován na obrázku 12.



Obrázek 12: Ukázka záležitostí, jež je třeba řešit v oblasti managementu rizik v rámci celého uvažovaného systému (Aagedal et al., 2003)

Posuzování rizik může být provedeno na různém stupni podrobnosti a za použití jedné nebo více technik (další techniky jsou uvedeny např. v: Aagedal, 2003; Ghorbani a Bagheri, 2008).

Nástroj IRAM

IRAM je model analýzy rizik infrastruktury se čtyřmi fázemi (Ezell et al., 2000): identifikace, modelování, hodnocení a řízení významných rizik ohrožujících systém infrastruktury. V rámci první fáze je provedena aplikace strukturního holografického modelu, s jehož pomocí je systém dekomponován na základní části. Závislosti a hrozby jsou identifikovány a chronologicky hodnoceny pro všechny základní části. V další fázi jsou modelovány vhodné scénáře operací u základních částí. Za tímto účelem je využito stromu událostí (ETA). Vytvořené scénáře jsou následně ohodnoceny. Hodnocení soudržnosti infrastruktury v třetí fázi je prováděno prostřednictvím pěti odlišných úrovní rizik, které dovolují rozhodnout o očekávaných hodnotách rizik, dále o porozumění závislostí nízké pravděpodobnosti a zároveň vysokého následku a samozřejmě taktéž i hodnocení soudržnosti systému. V závěru je analyzována fáze předcházející a tvůrce rozhodnutí může kvalitativně a kvantitativně rozhodnout o současné situaci a zároveň i adekvátních krocích k dosažení žádoucího stavu (Ghorbani a Bagheri, 2008). Nástroj IRAM je využíván zejména za následujícím účelem (Yusta et al., 2011): pro analýzy infrastruktur sloužících k dodávkám pitné vody, analýza systémů odpadních vod.

Modelování hybridních systémů

Pojem „modelování hybridních systémů“ (Witsenhausen, 1966) je odvozen od matematické metodologie modelování a simulací komplexních systémů. Slovo hybridní se váže k chování systému, konkrétně označuje chování systému jako nespojitě (skokové) a spojitě (kontinuální). Hlavním cílem architektury hybridního systému (Borshchev et al., 2002) je umožnění simulací nezávislých systémů, které obsahují časově závislé změny a skokové události. Většinou jsou spojitě a nespojitě události oddělovány do dvou rozdílných vrstev. Kontinuální chování je specifikováno jako nastavení algebraických diferenciálních rovnic a skokové události jsou reprezentovány vyjádřením stavu systému. Neustále se měnící proměnné popisují změny chování systému v čase a mohou vyvolat změny ve stavu systému, tzn. výskyt skokových událostí. Obdobně může být změna stavu spatřována jako důsledek několika diskrétních událostí, jež souvisí s kontinuálním chováním systému.

Technika modelování může podstatně zkrátit čas potřebný na provedení v důsledku podstatného snížení složitosti systému. Modelovací jazyk je navržen pro maximalizaci užítka, flexibility a možnosti opětovného použití. Hybrid System Modelling je užíván zejména pro práci se spojitými systémy koordinačních procesů (Borshchev et al., 2002). Příkladem mohou být systémy infrastruktury letecké dopravy, systémy infrastruktury pozemní dopravy a další.

Hierarchical Holographic Model

Vysvětlení pojmu „hierarchický holografický model“ (Haimes, 1981) je založeno objasnění použití termínu *hierarchie*, která reprezentuje pochopení rizika na odlišných úrovních (např. riziko na úrovni systému systémů, úroveň individuálního systému, úroveň části systému, úroveň prvků). Zároveň se termínem *holografické modelování* rozumí vícenásobné zobrazení systému s ohledem na identifikaci zranitelnosti.

Matematická a systémová báze hierarchického holografického modelování (dále také HHM) je založena na překrývání napříč různých holografických modelů s respektováním objektivních funkcí, omezení, rozhodovací proměnných a vstupně-výstupních vztazích základu systému. Prostřednictvím HHM mohou být vyvinuty rozmanité modely (Haimes et al., 2002), které mohou být schopné zachytit podstatu mnoha rozměrů, vizí a perspektiv systémů infrastruktur. Technika HHM využívá ke snížení zranitelnosti infrastruktury holistického přístupu také zohlednění institucionální hierarchie, organizačních a řídicích struktur a funkčních struktur ve spojení se samotnými faktory utvářejícími tuto hierarchickou strukturu. Tyto faktory (Haimes et al., 2002) mohou zahrnovat mimo různých typů aspektů (např. hydrologické, technologické) také právní aspekty, časový horizont, požadavky uživatelů infrastruktury a rovněž socio-ekonomické podmínky. Z důvodu rozsáhlé časové náročnosti není možné provádět simulace v reálném čase.

5.2.2 Analýza chování

Analýzou chování jsou myšleny nástroje analýzy určené pro infrastruktury (nebo též společné chování nastavených interakcí několika infrastruktur), jenž mohou být přínosné již při jediném pozorovacím cyklu nebo počítačové simulaci (Ghorbani a Bagheri, 2008). Bohužel jsou pozorovací techniky na provádění příliš nákladné. Tyto analýzy je přínosné provádět v případě dostatku historických dat o operacích a procesech probíhajících v infrastruktuře, a zároveň jestliže lze provádět samotný sběr potřebných dat. Technika použitá pro analýzu vytěžených dat může být podobná s metodami používanými při simulaci analyzování souborů se záznamy. Z toho důvodu se můžeme pouze zaměřit na aspekty analýzy chování infrastruktury, které souvisejí se simulačními operacemi v infrastruktuře.

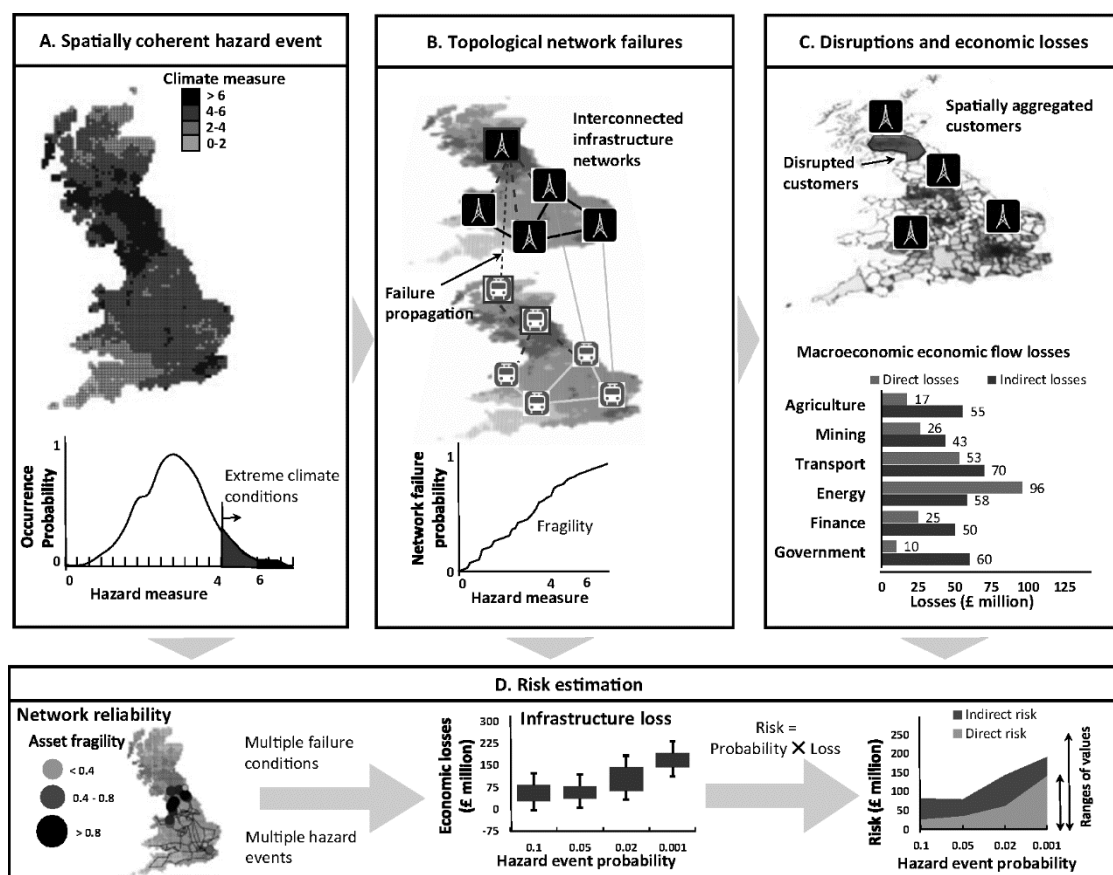
Simulation Control jako oblast nástrojů již dle anglického názvu vyjadřuje analytické modely, které jsou určeny k napodobování skutečného chování zkoumaného systému (ev. systému systémů). Jednotlivé typy počítačových simulací prováděných z důvodu analyzování chování infrastruktury jsou založeny na dvou hlavních přístupech (Ghorbani a Bagheri 2008). První je založený na matematických rovnicích o několika proměnných závislých na čase, umístění

apod. Druhý vychází ze souboru reagujících činitelů, jež reprezentují skutečné úrovně funkcí, systémových komponentů nebo prostředků. Kontrola simulačních toků a cest přináší nové porozumění o možných trasách přenosu informací jakéhokoliv druhu napříč infrastrukturou/systémem infrastruktur.

Monte Carlo Simulation

Simulace Monte Carlo (Rubinstein a Kroese, 2011) označuje přístup pro opakované analyzování deterministického modelu prostřednictvím náhodných hodnot pro neurčité proměnné zkoumaného modelu. Technika je široce užívána pro simulování nelineárních komplexních systémů s rozsahem nejistých parametrů (Fabian a Kluiber, 1998). Prostřednictvím zvolení náhodných hodnot je vytvořena stochastická simulace deterministického modelu. Cílem simulace prováděnou technikou Monte Carlo je hodnocení možností, nejistot, následků a výkonnost nebo spolehlivost systému. Simulace Monte Carlo široce přispívají k porozumění chování systémů kritické infrastruktury s neznámými okolnostmi.

Náhodné hodnoty vybrané pro každý parametr systémového modelu infrastruktury jsou proto založeny na předdefinovaném pravděpodobnostním rozložení se specifickým rozsahem. Pro tyto účely se používá rovnoměrné, trojúhelníkové, normální a logaritmicko-normální rozložení (Rubinstein a Kroese, 2011). Simulace Monte Carlo mohou být prováděny na širokém spektru odpovídajících dat o zkoumané infrastruktuře, obdobně je například uvedena simulace na obrázku 13.



Obrázek 13: Ukázka výstupu z provedených simulací metody Monte Carlo na části kritické infrastruktury ve Velké Británii (Pant et al., 2016)

Poznámka: Na základě informací o výskytu hrozeb na území Velké Británie (část A.), poruch v topologii sítě (část B.) a ekonomických následků poruch (část C.) je možné provést hodnocení rizik (část D.). Součástí tohoto výstupu je také určení spolehlivosti sítě (část D. vlevo), ekonomických ztrát při výpadku infrastruktury (část D. uprostřed) a vyjádření vztahu pravděpodobnosti události a ekonomických následků rizik z nich plynoucích (část D vpravo).

Na základě deterministického přístupu (Fabian a Kluiber, 1998) lze sledovat změnu stavů uvnitř zkoumaného systému v případě různých výskytů poruch v systému infrastruktury. Takto získané údaje o chování systému je možné využít pro další zpracování a/nebo pro tvorbu rozhodnutí.

Scenario Building (neboli tvorba scénářů) je skupina nástrojů k vytváření alternativních scénářů založených na odlišném uspořádání počátečních hypotéz o vnějších parametrech a vztahů systému (Zhang a Bose, 1989). Scénáře jsou obvykle vytvářeny v případech, kde je požadováno více znalostí či porozumění situacím nebo systému samotnému. Dovolují pozorovat odlišné perspektivy téhož systému s přínosem nových hledisek a pohledů. V počítačových simulacích jsou specifikovány scénáře počátečního nastavení modelu a zároveň jsou navozeny způsoby simulace, jež by měli být sledovány. Neméně důležitá je podobnost výběru počátečních hodnot parametrů simulací vytvářející odpovídající scénáře pro simulace chování infrastruktury. Jelikož je mnoho událostí (a často nežádoucích)

nepředvídatelných nebo dokonce velmi vzácných, může dojít k vytvoření scénářů, jež nemusí vždy odhalit takto specifické události. Scénáře provázející simulace běžných situací v infrastrukturách nemusí působit příliš rozdílně. Může se jednat pouze o scénáře, jež pomáhají výzkumným pracovníkům nalézt pochopení pro vzácné jevy. Nejvíce známými a zároveň i hojně používanými technikami pro tvorbu scénářů je tzv. diagram scénářů a strom poruch (ČSN EN 31010: 2010).

CASCADE

Jedná se o nástroj zobrazující scénáře, v nichž n identických komponent (ze stejné či odlišné infrastruktury) pracuje a navzájem reaguje (Newman et al., 2005). Každá z komponent může nabývat hodnot mezi $[L_{min} \text{ a } L_{max}]$ a jsou ukládány do počáteční hodnoty L_j (j udává číslo komponenty a hodnota L_j je náhodné číslo definičního oboru s rovnoměrným rozložením nabývajících hodnot rozmezí L_{min} a L_{max}). Komponenty takto nastavené jsou citlivé na selhání pro případ přesahu hranice (L_{fail}). Zátěž neúspěšné komponenty může náležet i z rozsahu ostatních komponent. Pro modelování kaskádového efektu je počáteční zatížení vynucené na jednom z komponent ve výši odpovídající selhání. Zhroucení komponent přenesou vysokou zátěž na další komponentu, která může způsobit kolaps (v závislosti na aktuální zátěži) vyvolávající kaskádový efekt. Závislost konfigurací (variace čísel komponent, jejich vazeb, úrovně přenosu zátěže, modely zotavení, apod.) těchto modelů poskytuje velmi dobré podklady pro pochopení závislostí propojení systémů v podmínkách extrémní zátěže (Ghorbani a Bagheri, 2008). Model CASCADE je úspěšně využíván v sektoru energetiky, respektive modelování scénářů pro infrastruktury elektrických sítí (Yusta et al., 2011).

Simulation Models (v překladu „simulační modely“) vyjadřuje skupinu technik a nástrojů vhodných k analyzování většiny systémů (Ghorbani a Bagheri, 2008). Porozumění jejich interakcí a chování vůči ostatním systémům vyžaduje počáteční pochopení interní struktury systému. Systémy infrastruktur nejsou výjimkou. Pro plné porozumění možných funkcí infrastruktury vůči vnějším podnětům vyžaduje důkladné znalosti o interních funkcích a vztazích v infrastruktuře (Amin, 2001). Jako krátké příklady technik a nástrojů této skupiny lze uvést CARVER2 a TRAGIS.

CARVER2

Prvním zmíněným příkladem simulačních modelů může být metoda CARVER2 (2011), jejímž typickým výstupem může být vizualizace potenciálních cílů kriminální činnosti. Vysvětlení vstupních údajů je provedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Vysvětlení základních oblastí, s nimiž pracuje metoda CARVER2 (2011)

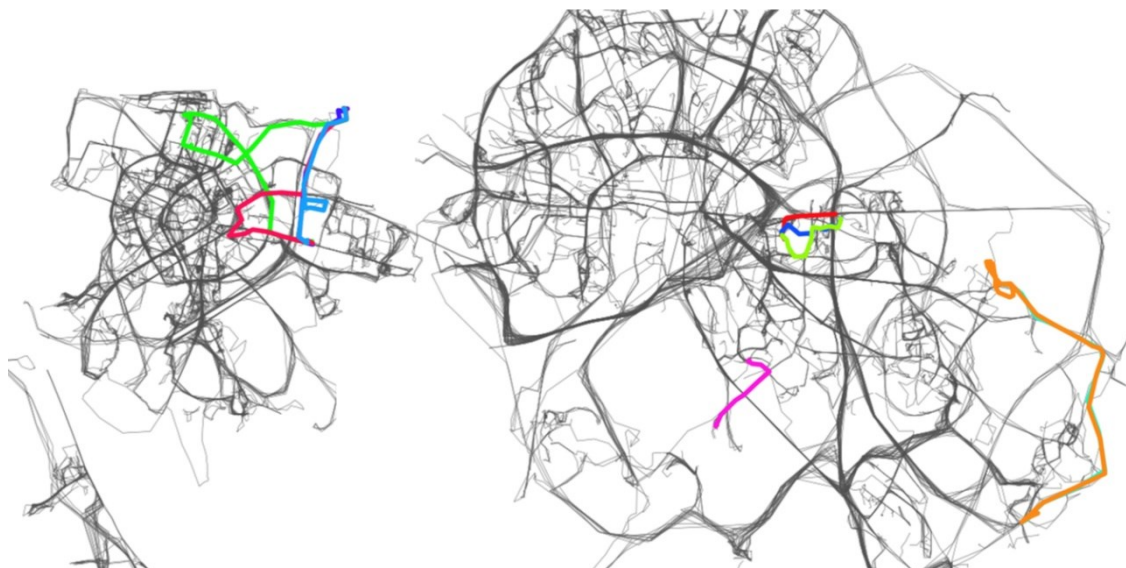
CARVER2

C	Criticality Kritičnost	Stupeň důležitosti jednotlivých prvků pro celý systém
A	Accessibility Dostupnost	Umožnění přístupu k důležitým prvkům s možností nežádoucí expozice
R	Recoverability Obnovitelnost	Čas a úsilí nutné k obnově funkce systému
V	Vulnerability Zranitelnost	Úroveň nežádoucí expozice odvozená od negativních projevů
E	Effect Následek	Rozsah a závažnost nežádoucích následků/projevů v systému
R	Recognizability Rozpoznatelnost	Schopnost nežádoucího rozpoznání důležitých prvků v systému, či jejich zranitelnosti

Metoda je primárně využívána pro oblast fyzické bezpečnosti, proto je možné vnímat velmi silnou vazbu na potenciální narušení funkce nežádoucími projevy kriminální činnosti. Metodu je možné využít také pro oblast kritické infrastruktury.

TRAGIS

Dalším příkladem může být využití nástroje TRAGIS²⁰ (Lima, 2016). Nástroj je určen výhradně k simulacím v rámci dopravní sítě. Nástroj byl původně zaměřen pouze na silniční dopravní síť, avšak je možno jej využít i pro simulace prováděné na železniční dopravní síti. Výstup z nástroje TRAGIS prezentující využití městské dopravní sítě ve sledovaném období osmnácti měsíců je uveden na obrázku 14.



Obrázek 14: Ukázka výstupu z nástroje TRAGIS, příklad využitelnosti dopravní sítě (Lima et al., 2016)

Mathematical Models (neboli matematické modely) zaujímají své opodstatnění u různých typů infrastruktur, a to především v oblasti energetiky, kde jsou

²⁰ TRAGIS - Transportation Routing Analysis Geographic Information System. Více informací je možné nalézt na: <https://webtrapis.ornl.gov>

primárně zaměřeny na modelování závislostí určitých komponentů nebo vlastností infrastruktury (Amin, 2001). Odlišné matematické modely byly vytvořeny například pro předpověď požadavků úrovní energetické soustavy (Ghorbani a Bagheri, 2008). Další pokusy byly zaměřené na nalezení matematických modelů a vztahů pro vyvolání skrytých závislostí mezi odlišnými sektory ekonomiky (Yusta et al., 2011), jež budou využitelné i pro závislosti mezi jinými typy infrastruktur. Přestože výsledky analýzy infrastruktur za pomoci matematického modelování je možné považovat za velice spolehlivé, vykazují zároveň vlastnosti využitelné pro možné škálování takto získaných výsledků (Amin, 2001). Důvodem je zejména fakt, že infrastruktury jsou komplexními systémy s mnoha složitými a dynamicky proměnnými detaily. Tvorba monolitického (statického) matematického modelu začleňujícího všechny tyto vyvíjející se specifikace je téměř nemožná (Haimes et al., 2002). Tato skutečnost vyvolává potřebu výzkumných pracovníků po nalezení lepších dynamických řešeních, jež by zahrnovala dostupné matematické modely. Lepším řešením tak mohou být multiagentní systémy, které mohou rozdělit příslušný matematický model vhodně pomocí zástupců (agentů, činitelů) na logické komponenty. Každý z činitelů může poté vystupovat jako vnitřní matematická reprezentace (Ghorbani a Bagheri, 2008).

Input-Output Model

Model vstupů a výstupů (Leontief, 1986) je založen na obecné rovnováze. Model je často využíván pro analýzu vstupů a výstupů, kdy výstupy jednoho odvětví tvoří vstupy jiných odvětví hospodářství, ev. naopak. Model bere v úvahu postupné vazby činností v systému hospodářství (systému infrastruktury) a je primárně určen pro odvětví hospodářství, která v přeneseném významu mohou tvořit odvětví/sektory kritické infrastruktury. Na základě obecných zákonitostí je možné vytvořit specifické modely, jež jsou hojně využívány v oblasti kritické infrastruktury (Setola et al., 2009).

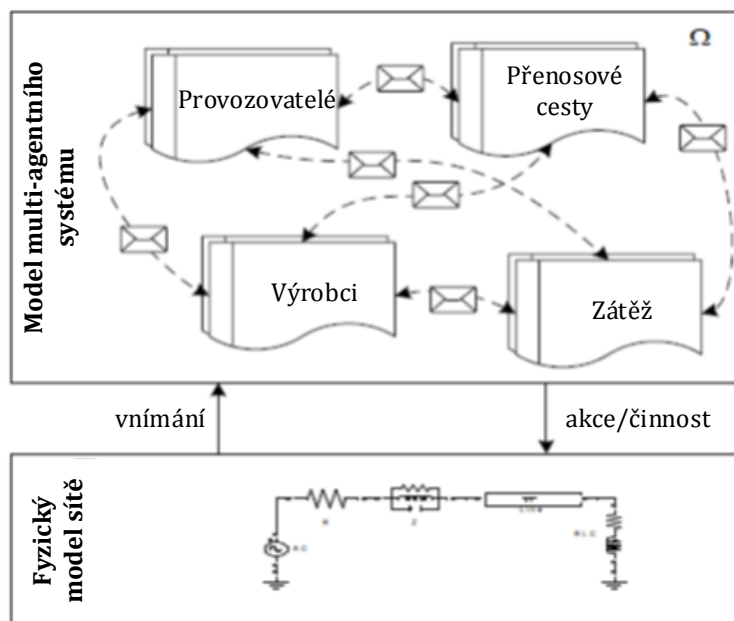
IIOM (Inoperability Input/Output Model) neboli Model nefunkčnosti vstupů/výstupů je založen na původním modelu Wassily Leontiefa. Do modelu byla zakomponována nastavení počátečních překážek v sektoru (Ghorbani a Bagheri, 2008), jež může vést až k modelování poruch typu kaskádový efekt a násobné poruchy (Rinaldi et al., 2001). Dynamické nastavení metody umožňuje důkladné analyzování průběhu takových událostí. IIOM je vhodný k modelování závislostí následujících sektorů (Yusta et al., 2011): energetiky, infrastruktur dodávek pitné vody, oblasti informačních a telekomunikačních technologií, virtuálních sítí a informačních systémů, sektoru dopravy (zejména dálnic a silniční sítě) a taktéž pro modelování závislostí politického a regulačního typu.

Multiagent Systems, neboli multiagentní systémy, poskytují všeobecné porozumění velmi složitým systémům. Systémy infrastruktur mohou být dobře modelovány za použití sjednoceného pohledu a s využitím ustavujících prvků

neboli agentů (Zlotkin a Rosenschein, 1991). Rozhodující je porozumění tvůrců modelu o strukturách a organizaci samotné infrastruktury. Teprve poté může být adekvátním multiagentním systémem vytvořena imitace aktuálních závislostí infrastruktury. Existují dva hlavní problémy pro správnou tvorbu architektury multiagentníchází (Fraile et al., 1999): vnitřní záměr agentů a vnější závazky a součinnosti agentů. První problém je adresován vnitřní reprezentací každého agenta bez multiagentní architektury. Tento aspekt specifikuje funkcionality (popř. služby), jež agent provádí (popř. požaduje), jako prostředky které vlastní nebo spotřebovává a jaké taktéž cíleně sleduje. Tato specifikace umožňuje agentovi rozhodnutí o jeho reakci. Druhý problém agentů lze vyjádřit jako „společenskou interakci“ bez multiagentní architektury v dalších bodech zájmu, které by měly být specifikovány již při modelování systému infrastruktury. Tento postup umožňuje reakce následujících typů (Zlotkin a Rosenschein, 1991):

- Negotiation (vyjednávání),
- Cooperation (spolupráce),
- Coordination (koordinace).

Oblast *vyjednávání* je ve skutečnosti procvičování komunikace pro potřeby řízení toků informací, zdrojů a závazků mezi dvěma agenty. Obecně jsou v systému agenti vyjádřeni anonymně (obdobně jako spolupracující systémy infrastruktur v reálném světě), ale jsou požadovány interakce k dosažení konkrétních cílů. Výsledkem úspěšného vyjednávání je poté dosaženo *spolupráce*. Vyjednávání a spolupráce agentů má za cíl nalézt obecné závislosti infrastruktur. Bohužel ne vždy musí dojít k nelezení logických vazeb a závislostí. K tomuto účelu slouží poslední kategorie, a tedy koordinace. *Koordinace* umožňuje nalézt související závislosti a sofistikovanější jednání multiagentních systémů. Koordinace je koncepčně odlišná od spolupráce, jelikož dva spolupracující agenti nemusí spolupracovat obousměrně, avšak tvoří koordinovaná rozhodnutí. Koordinovaná závislost tedy může zohledňovat logické závislosti mezi dvěma systémy infrastruktur (Zlotkin a Rosenschein, 1991). Příklad využití multi-agentních systémů pro specifickou oblast je uveden na obrázku 15.



Obrázek 15: Ukázka multi-agentního systému – přístup založený na dvou vrstvách modelu pro infrastrukturu Elektroenergetiky (Kröger, 2008)

Každý model agenta obsahuje sadu pravidel podporujících rozhodování. Tato pravidla jsou zaměřena na tři následující charakteristiky (Barton a Stamber, 2000; Panzieri et al., 2004):

- *Pozice agenta* popisující pozici ve fyzickém rozměru definovaném např. souřadnicemi geografického regionu nebo abstraktního prostředí.
- *Schopnosti agenta* popisující jeho reakci na změny prostředí, možnost sdílení informací a vědomostí a schopnost přijmout změny v prostředí.
- *Historie agenta* v závislosti na jeho paměti, která obsahuje informace o zkušenostech (přetížení, zátěž, časové hledisko).

Modelování multi-agentních systémů je již úspěšně užíváno v různých vědeckých oblastech, kterými mohou být například ekonomika (logistika, chování spotřebitelů apod.) a informatika (distribuované výpočty²¹, výpočty v oblasti dopravy²² a další).

Nástroj AIMS

AIMS je nástroj založený na provádění modelování a simulací skupinou multi-agentů (Ghorbani et al., 2006). Nástroj umožňuje uživateli vytvořit modely infrastruktur a poté pozorovat závislosti modelovaného systému. Jedna

²¹ Mezi celosvětově nejznámější příklad distribuovaných výpočtu patří projekt SETI@home, který byl roku 2005 převeden pod platformu BOINC. Více informací lze nalézt na: <https://boinc.berkeley.edu/>

²² Mezi zdařilý projekt v rámci České republiky patří např. RODOS. Více informací lze nalézt na: <http://www.rodos-it4i.cz/>

z pozitivních vlastností nástroje AIMS je uživatelsky předdefinované prostředí s komponenty a šablonami pro modelování (technologická zařízení, apod.). Nástroj taktéž poskytuje prostředí pro zavádění přechodných vazeb v průběhu simulace pro odkrytí výskytu neočekávaných událostí. Nastavení přechodných vazeb vyvolává scénáře, čímž je prováděna kontrola účinnosti operací simulace. Vizualizace a analyzační moduly mohou být taktéž zavedeny do běžící simulace pro kontrolu a studování struktury a chování simulované infrastruktury. Nástroj AIMS je využíván především pro oblast infrastruktur odpadních vod (Yusta et al., 2011).

Nástroj CISIA

CISIA je model simulátoru závislých funkcí infrastruktury (eventuálně vzájemně reagujících infrastruktur) prostřednictvím nelineárních závislých agentů (Panzieri et al., 2005). Každý z agentů reprezentuje makro-komponenty modelovaného systému. Z důvodu obecnosti může CISIA zahrnovat více systémů infrastruktur, jelikož využívá vysoké úrovně popisu vzájemných logických závislostí agentů. Takový popis spočívá ve specifikaci úrovně operací agentů, požadavků agentů a jejich poruch. Pro model závislostí agentů (prováděný vzájemnými požadavky nebo rozšiřováním poruch) jsou vypracovány tři typy matic (Panzieri et al., 2005):

- Matice operativní úrovně výskytu,
- matice požadovaných výskytů,
- matice výskytů poruch.

Poslední matice je následně upravena (Ghorbani a Bagheri, 2008), aby vyhovovala potřebám analýzy odlišných typů poruch, tzn. geografické, fyzikální a kybernetické (Rinaldi et al., 2001). Simulátor CISIA je možné využít pro modelování závislostí infrastruktur následujících oblastí (Yusta et al., 2011): sektor energetiky, infrastruktury odpadních vod a v neposlední řadě taktéž k analýzám v oblasti průmyslu.

5.2.3 Dobývání znalostí a vizualizace

Dobývání znalostí jako technika vychází z analýzy faktů a ze zkoumání vlastností, souvztažností a konfigurací systému, ev. infrastruktury (Ghorbani a Bagheri, 2008). Účelem zkoumání těchto faktů z různých pohledů je jejich samotné pochopení v kontextu s již známými souvislostmi. Při snaze o pochopení systémů infrastruktury se lze setkat s údaji z několika zdrojů (Tukey, 1977). Může se jednat například o výsledky dlouhého pozorovacího procesu nebo uměle vytvořené počítačové simulace. V každém případě jsou postupy k získání takových informací velmi obdobné. Jediný rozdíl může souviset se spolehlivostí zdrojů. Sběr informací z pozorovacího procesu může být považován za důvěryhodnější ve srovnání s výsledky získanými z počítačové simulace. Není totiž vyloučeno, že počítačová

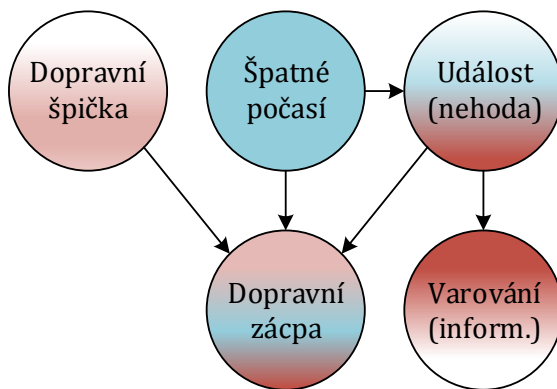
simulace nemůže obsahovat skryté nedostatky, které by mohly zapříčinit (výrazné) rozdíly ve finálním výstupu. V následující části kapitoly jsou zmíněny jedny ze základních technik pro odvozování znalostí z dostupných informací.

Hypothesis Testing

Testování hypotéz je první zmíněnou metodou této oblasti. Hypotézy jsou ověřovány na základě nastavených předpokladů o chování struktury dle určitých podmínek (Yusta et al., 2011). V rámci metody jsou používány techniky, jež podporují procesy hledání všech možných informací dle unikátního klíče. Dále jsou předdefinována pouze taková kritéria, která mohou být přesně popsána pochopitelnými a nezpochybnitelnými zápisy. Logické zápisy, jako např. prvořadě logiky, způsobové logiky, časové logiky a další, mohou být popsány hypotézami, které potřebují být potvrzeny. Obdobně i tento přístup je doprovázen určitými pozitivy i zápory. Základním nedostatkem metody je, že výzkumný tým by měl vytvářet vlastní hypotézy, přičemž tento postup může způsobit dva nežádoucí následky (Ghorbani a Bagheri, 2008). Prvním je fakt, že mnoho vztahů a souvztažností mezi shromážděnými daty z operací infrastruktury nijak nenapomáhá k vlastnímu pochopení, a proto dochází spíše k realizaci typování všech možných spojení. Vždy tedy existuje možnost výskytu nezjistitelných vztahů. Druhým nežádoucím následkem je fakt, že specifikace svazku procesů a vytvoření hypotéz jsou úlohou časově náročnou. Tento přístup má však i své výhody (Benedetto et al., 2015). Příkladem může být jednoduše zdůvodněný model a vhodnou konfigurací získávání dat je možné přispět k hodnocení hypotéz.

Bayesovské sítě

Bayesovské sítě (dále také označováno jako BS) patří mezi pravděpodobnostní grafické modely (Ben-Gal, 2008). Tyto modely vycházejí ze základů teorie pravděpodobnosti a na základě toho zobrazují pravděpodobnostní vztahy mezi jednotlivými jevy. Pomocí bayesovských sítí je tedy možné porovnat závislost nebo nezávislost dvou a více veličin. BS je prezentována jako acyklický orientovaný graf, přičemž každému uzlu odpovídá jedna veličina a každý graf obsahuje několik veličin (Fenton a Neil, 2004). Veličiny obsažené v grafu jsou vztaženy k neznámému jevu a každá veličina reprezentuje uzel a hrany reprezentují vztahy. Vztahy mezi uzly jsou zobrazeny pravděpodobnostmi závislosti vybraných veličin. Model bayesovské sítě je prezentován na obrázku 16.



Obrázek 16: Model bayesovské sítě a jejich kauzalit (Fenton a Neil, 2007)

Bayesovské sítě jsou využívány ke složitým výpočtům (Ben-Gal, 2008), příkladem mohou být nejpravděpodobnější konfigurace, rozhodování při nejisté informaci, nalezení vhodných strategií pro řešení určitého problému, apod. Obdobně je možné BS využít také pro řešení problematiky analýzy rizik a oblasti kritické infrastruktury (Fenton a Neil, 2007; Schaberreiter et al., 2013).

Exploratory Data Analysis

Předběžná analýza dat, jež je opakem metody přecházející. Je zaměřena na systematickou identifikaci skrytých závislostí mezi dostupnými daty bez předchozí znalosti jejich podstaty (Tukey, 1977). V tomto přístupu je mnoho z kombinací závislostí testováno prostřednictvím využívání širokého rozsahu statistických metod a uměle vytvořených metod pro nalezení příslušných vzorců a závislostí. V případě systému infrastruktury skrývá tento přístup identifikaci závislostí, zranitelností, možné hrozby a rizika a také marketingové příležitosti (Benedetto et al., 2015). Rozdělení statistických metod používaných pro studium chování kritické infrastruktury může kolísat od metod s jednoduchými pozorovacími parametry po různé souvztažnostní analýzy a multikriteriální předběžné metody (Ouyang, 2014), např. cluster analysis, multidimensional scaling, time series analysis, classification trees apod.

Souběžně se statistickými modely mohou být taktéž používány uměle vytvořené modely pro tvorbu přesných předpovědí (Tukey, 1977; Ghorbani a Bagheri, 2008). Takové modely se od statistických odlišují, neboť nemají žádné koncepční vztah s modelovaným systémem, a tudíž nedisponují ani teoretickým základem všech kauzálních procesů. Tyto techniky mají možnosti generovat přesné předpovědi prostřednictvím nastavených vzorců. Umělé neuronové sítě jsou dobře známým příkladem. Uměle vytvořené metody jsou používány hlavně pro predikci budoucího chování založeného na současně dostupných informacích nebo vzorcích chování. Hlavním záporem používaných technik (jako např. umělé neuronové sítě) je skutečnost, že jejich výsledky nemohou být racionálně ověřeny (Ghorbani a Bagheri, 2008).

Vizualizační techniky jsou v oblasti systému infrastruktur využívány ze dvou hlavních důvodů (Wang a Chen, 2003). První výhoda spočívá v možnosti jejich využití pro odhalení vizuální struktury a organizace infrastruktury. Další výhodou vizualizačních technik je fakt, že poskytují možnost odlišného grafické zobrazení dat, s nimiž bylo v průběhu předcházejících kroků pracováno. Tyto výhody usnadňují analytikům odvozování nových poznatků zejména v částech, které se nezdají být zcela zřejmé pouze na základě provedení předcházejících kroků.

5.2.4 Další vybrané přístupy k analýze infrastruktur

Výše zmíněné techniky a nástroje představují pouze malou část existujících. Jako zajímavé se jeví ještě další specifické metody, které jsou hojně využívány mimo jiné i pro oblast kritické infrastruktury.

High Level Architecture

Technika HLA (v překladu „architektura vysoké úrovně“) spočívá ve zobecnění architektury pro modelování a simulace komplexních distribuovaných systémů²³ (Eusgeld a Nan, 2009; Seliger et al., 1999). Tato technika umožňuje rozčlenit celý systém na jednotlivé části na jednotlivé operativní sub-systémy, tzn. samostatně fungující části. Komunikace napříč celým systémem (resp. systémem systémů) je prováděna provozní infrastrukturou představující velmi silný nástroj. Jednotlivé simulace jsou odkazovány na tzv. federaci, což je celek jednotlivých simulací připojených přes provozní infrastrukturu. Samotná architektura je definována jako (Seliger et al., 1999):

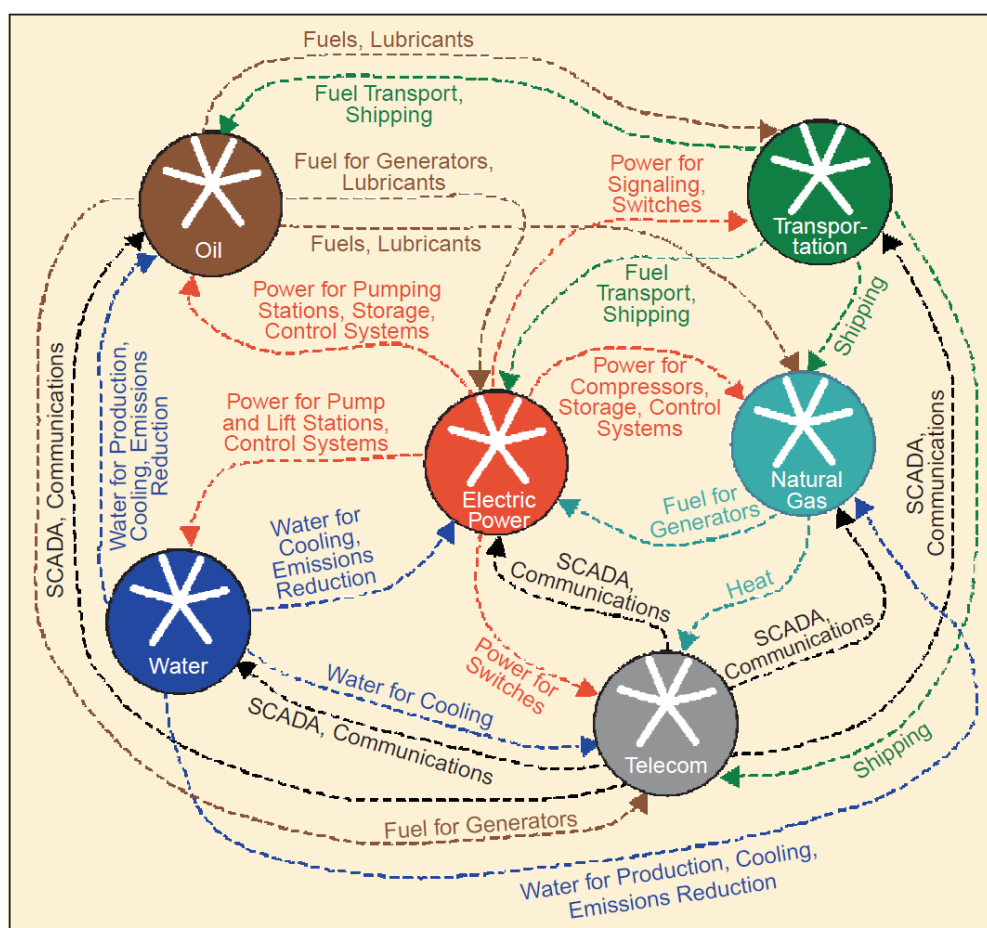
- **Soubor pravidel** – Vyjadřuje, které simulace musí být provedeny striktně dle standardů, neboť představují chování celkové distribuované simulace (federace) a jejich přidružených dílčích simulací.
- **Specifikace rozhraní** – Vyjádření rozhraní mezi dílčími simulacemi a provozní infrastrukturou. Konkrétní programové knihovny obsahují funkce a datové struktury pro komunikaci a výše zmíněnou koordinaci mezi dílčími simulacemi a provozní infrastrukturou.
- **Šablony objektového modelování** – Poskytují rámec pro komunikaci mezi jednotlivými simulacemi HLA. Skládá se z „federace objektového modelu“ popisujícího sdílené objekty pro všechny federace. Dále skládá ze „simulačního objektového modelu“ popisujícího sdílené objekty pro jednotlivé federace.

Technika HLA disponuje mnoha přednostmi pro modelování a simulace tzv. „systému systémů“, avšak časová náročnost podobných simulací je velice náročná.

²³ Distribuovaný systém je takový, v němž jsou jednotlivé komponenty propojeny sítí (softwarový systém, kolekce procesorů, apod.). Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Distribuovaný_systém

Petriho síť

Stochastické petriho síť (dále také jako „PS“) se jeví z časového hlediska méně náročné nežli předcházející technika. Jedná se o matematické modely nedeterministických a diskretních distribuovaných systémů (Gursesli a Desrochers, 2003). Model petriho sítí tvoří dvojdlílný orientovaný graf, který se skládá ze dvou druhů uzlů, tedy pozic a přechodů, a dále z orientovaných hran spojujících místa a přechody. Generalizované stochastické petriho síť (Gursesli a Desrochers, 2003; Krings a Oman, 2003) umožňují naopak nadčasový a časovaný (exponenciální) přechod. Petriho síť jsou dobře známou technikou potřebnou k modelování velkých distribuovaných systémů. Petriho síť mají výhodu, že při rostoucí velikosti sítě (počtu míst a přechodů) roste PS také, a to právě s počtem komponent. Příklad ilustrující zákonitosti Petriho sítě je uveden na obrázku 17.



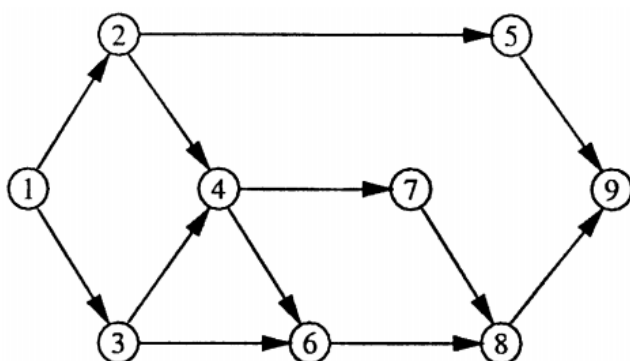
Obrázek 17: Ukázka modelu Petriho sítě, včetně popisu závislostí v rámci celého modelového systému (Rinaldi et al., 2001)

Petriho síť je možné využít pro modelování šíření poruch v systému a například i pro průběh kaskádního efektu v takovém komplexním systému (Krings a Oman, 2003). Zároveň je možno tuto techniku využít pro formalizaci a simulaci

dynamických aspektů aktivit různého druhu, např. distribuované výpočetní systémy.

Metoda kritické cesty

Metoda kritické cesty představuje základní matematickou techniku využívající síťového diagramu (Chanas a Zielinski, 2001). V rámci metody jsou uvažovány logické závislosti mezi aktivitami a událostmi vždy s cílem nalezení kritické části procesu. V existujících procesech (plánování, kontrola apod.) je velice praktická, neboť může podporovat výsledky z prováděných cvičení a z vypočtených simulací. Vyobrazení metody kritické cesty je uvedeno na obrázku 18.



Obrázek 18: Příklad zobrazení metody kritické cesty (Chanas a Zielinski, 2001)

Primární využití pro stanovení maximální doby trvání projektu je možné transformovat pro oblast kritické infrastruktury. Kritická cesta má zároveň i své zákonitosti (Chanas a Zielinski, 2001), tzn. změna veličiny v průběhu cesty je promítnuta do každého dalšího uzlu (tzn. do zbývajících částí).

Síťová analýza

Vzájemně propojené funkčních systémy, vztahy a vazby uvnitř i vně systému – to vše je vnímáno jako celek vykazující vlastnosti sítě (Barabási, 2005). Z důvodu zjednodušení je na síť pohlíženo jako na soubor uzlů (prvků) a hran (spojnice mezi uzly). Zákonitosti obecně platné pro síť jsou vnímány shodně i pro složité systémy (Holden et al., 2013). Síťové modely určené k demonstraci vzájemných vazeb je možné využít i pro infrastruktury lokálního rozměru. V současné době dochází k publikování různých přístupů (Zio, 2016; Setola et al., 2017) k porozumění zranitelnosti, rizik a šíření poruch v rámci sítě a obecně i k problematice topologie sítě.

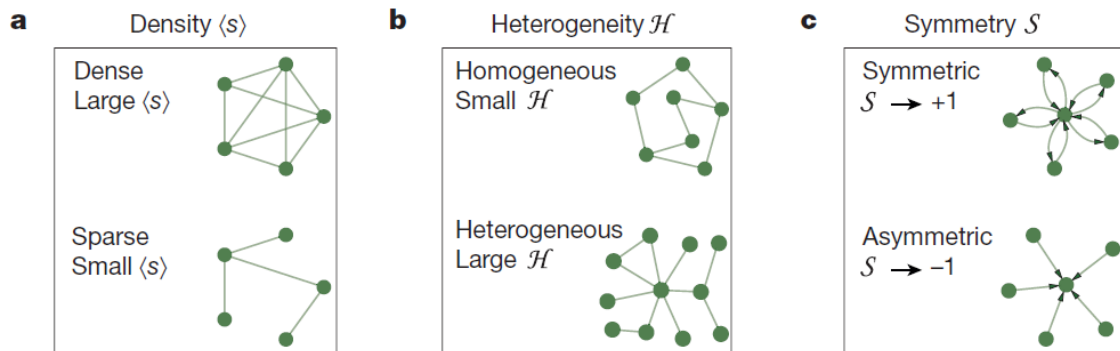
Současný výzkumný směr (Gao et al., 2016; Setola et al., 2017) však vychází z přírodních věd a obrací se k základním znalostem o sítích samotných.

Rozhodující pro chování infrastruktury, a tedy i pro volbu přístupu pro provedení vhodné analýzy, se zdá být soubor následujících třech vlastností sítě (Gao et al., 2016):

- a) Hustota sítě,

- b) homogenita vs. heterogenita sítě,
- c) symetrie sítě.

V rámci analýzy je třeba se zaměřit na zmíněné rozhodující vlastnosti sítě (Barabási, 2005; Gao et al., 2016). Jednotlivé vlastnosti jsou vysvětleny v textu a pro přehlednost zobrazeny na obrázku 19.



Obrázek 19: Vlastnosti rozhodující pro chování sítě v případě výpadku (Gao et al., 2016).

Poznámka: a) hustota sítě, b) homogenita vs. heterogenita sítě, c) symetrie sítě

Vysvětlení rozhodujících vlastností je uvedeno v navazujícím textu.

Hustota sítě má vliv na její chování v případě výpadku funkce jednoho prvku (uzlu). Hustá síť s mnoha vazbami (hranami) mezi uzly zajišťuje pomocí velkého množství hran propojení mnoha uzlů. V případě výpadku některého z uzlů existuje mnoho jiných hran, jež stále propojují ostatní uzly. V případě malé hustoty sítě, tedy malého množství spojníc (hran) mezi uzly, může dojít v případě výpadku funkce jediného uzlu k výpadku funkce celé sítě.

Homogenita vs. heterogenita vyjadřuje, zdali v síti existuje značný rozdíl mezi počtem uzlů a počtem spojníc k nim vztaženým. Homogenita vyjadřuje stejný/obdobný počet vazeb každého uzlu, tzn. počty se příliš neliší. Naopak heterogenita vyjadřuje, že v síti existují uzly s velkým počtem vazeb a zároveň i uzly s malým počtem vazeb, tzn. v síti existují značné rozdíly.

Symetrie sítě vyjadřuje směr vazeb (hran) mezi uzly. Jedná-li se o síť symetrickou, poté zde převažují obousměrné vazby. Naopak jedná-li se o síť asymetrickou, dominují zde pouze jednostranné vazby.

Příkladem využití analýzy výše zmíněných vlastností může být např. hodnocení následků přírodních pohrom v silniční síti (Bíl et al., 2014). Na základě využití poznatků z knihy autora Barabási (2005) bylo provedeno hodnocení pomocí výpočtu zranitelnosti a následně zranitelnosti celé sítě. Mezi praktický návrh patří postupy ke snížení rizika spočívající ve snížení zranitelnosti vztažené k projevům přírodních pohrom.

5.3 Dílčí závěr

V rámci analýzy přístupů k určování regionální kritické infrastruktury ve vybraných zemích byly zjištěny informace, které dále slouží jako východiska ke zpracování návrhové části. Obecně bylo zjištěno, že úroveň komplexního pojetí ochrany kritické infrastruktury je v těchto zemích vyšší než v České republice. Z hlediska určování prvků na regionální úrovni bylo zjištěno, že Švýcarsko disponuje přístupem založeným na detailních procesních analýzách s využitím sady různých kritérií. Oproti tomu Nizozemsko klade primární důraz na tzv. životně důležité produkty a služby, jež tvoří jádro systému infrastruktury. Sekundární důraz je poté kladen na produkty a služby podporující tuto důležitou část systému. Určování prvků ve Velké Británii je založeno na tradičním přístupu top-down, který však vychází z národního registru rizik, jehož výstupy jsou základem pro hodnocení rizik a určování prvků kritické infrastruktury na regionální úrovni. Poslední analyzovaný přístup využívaný na Novém Zélandu umožňuje promítnutí priorit životně důležitých infrastruktur národní úrovně do územních systémů a přímé určení jejich klíčových prvků.

Významnou částí analýzy řešené problematiky je rovněž analýza technik a nástrojů používaných pro analýzu infrastruktur. Z analýzy vyplývá, že oblast kritické infrastruktury by měla být vnímána jako komplexní adaptivní systém, přičemž tento lze označit jako „socio-technický systém“ (Rinaldi, 2004; Dunn, 2005). Za tímto účelem je nutné každý analyzovaný systém kritické infrastruktury zkoumat ze čtyř základních perspektiv, kterými jsou (Ghorbani a Bagheri, 2008): analýza systému, analýza chování, znalostí báze a vizualizace a sdílení informací.

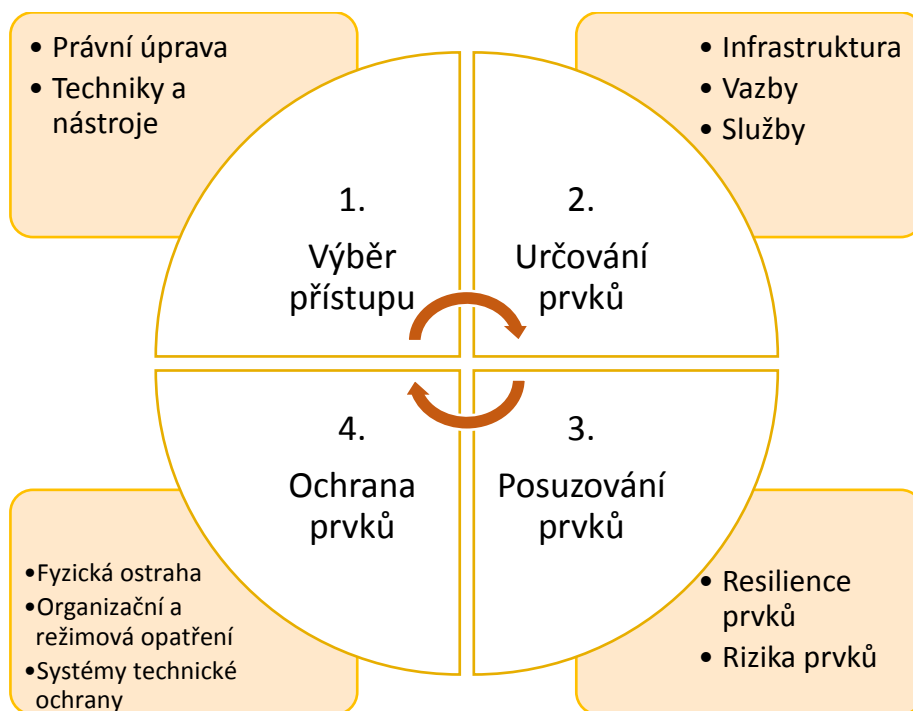
Závěrem lze konstatovat, že některé přístupy k určování regionální kritické infrastruktury a některé nástroje a techniky budou využity v rámci návrhové části, avšak jejich aplikaci bude nutné upravit specifikům navrhovaného postupu.

6 Systém určování regionální kritické infrastruktury

Obsahem této kapitoly je prezentování návrhu systému určování regionální kritické infrastruktury. Na základě provedeného teoretického rozboru řešené problematiky, provedení analýzy přístupů ve vybraných světových zemích a analýzy technik a přístupů k analýze infrastruktury, byl vytvořen návrh systému, jehož účelem je určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury.

6.1 Rámec ochrany prvků kritické infrastruktury

Kritická infrastruktura představuje složitý systém, jehož ochrana si vyžaduje jasně definovaný rámec, který je utvářen čtyřmi procesy: 1. Výběr přístupu, 2. Určování prvků, 3. Posuzování prvků a 4. Ochrana prvků. Tyto procesy jsou založeny na hodnocení základních komponent, které jsou prezentovány na obrázku 20.

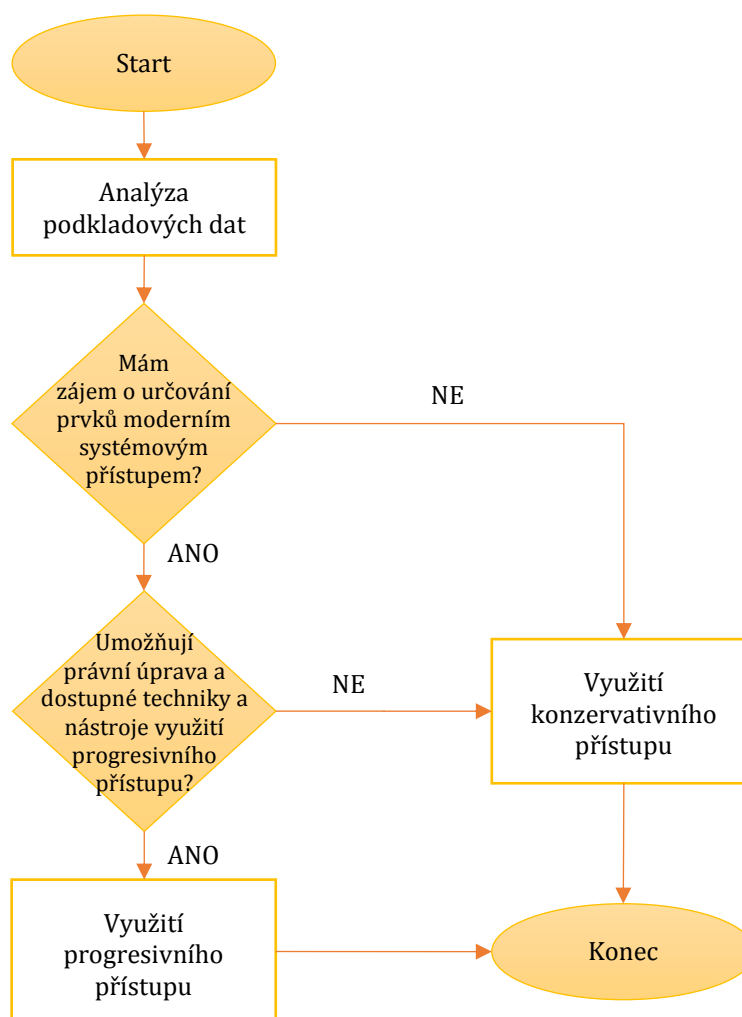


Obrázek 20: Rámec ochrany prvků kritické infrastruktury

Procesy utvářející definovaný rámec by měly být realizovány v pravidelných cyklech, které zaručují hodnocenému regionu neustále aktuální a komplexní pohled na problematiku regionální kritické infrastruktury.

6.1.1 Výběr přístupu

Prvním procesem rámce ochrany kritické infrastruktury je výběr přístupu, který bude nejvhodnější pro následné určování prvků a subjektů kritické infrastruktury (viz obrázek 21).



Obrázek 21: Proces výběru přístupu k určování regionální kritické infrastruktury

Vstupním krokem do procesu výběru přístupu k určování regionální kritické infrastruktury je analýza podkladových dat. Tato analýza je zaměřena na právní úpravu a dostupné techniky a nástroje. Po analýze je možné přistoupit k prvnímu rozhodovacímu kroku, který zjišťuje, zda má hodnotitel zájem o určování prvků moderním systémovým přístupem. Pokud ne, využije konzervativního přístupu. V případě kladného hodnocení postupuje proces k dalšímu rozhodovacímu kroku, který zjišťuje, zda umožňuje právní úprava a dostupné techniky a nástroje využití progresivního přístupu. V případě, že neumožňují, hodnotitel je nucen využít konzervativního přístupu.

6.1.2 Určování prvků

Druhým procesem rámce ochrany kritické infrastruktury je určování prvků regionální kritické infrastruktury. Na základě výsledků předcházejícího procesu může být určování realizováno dvěma přístupy.

Prvním přístupem je proces určování prvků regionální kritické infrastruktury, který vychází z procesu určování prvků národní a evropské kritické infrastruktury

(Zákon 430, 2010; Směrnice, 2008). V tomto případě se jedná o konzervativní přístup realizovaný způsobem „top-down“.

Druhý přístup určování prvků regionální kritické infrastruktury je založen na hodnocení prvků způsobem bottom-up a možnosti implementace vlastních kritérií a preferencí. Tento přístup navíc umožňuje přímo určovat subjekty regionální kritické infrastruktury. Přístup je označován jako progresivní.

Základními vstupními komponenty tohoto procesu jsou strukturální a výkonové parametry hodnoceného prvku (Řehák et al., 2016), vazby mezi influenčními a dependentními prvky (Strelcová et al., 2015), základní potřeby obyvatelstva (Maslow, 1943) a zainteresované subjekty (stakeholdeři).

6.1.3 Posuzování resilience a rizik prvků

Třetím procesem rámce ochrany kritické infrastruktury je posuzování resilience a rizik určených prvků regionální kritické infrastruktury. Tento proces je nezbytným východiskem pro následné zajištění ochrany prvků.

Resilience je jedním z hlavních faktorů přispívajících k zachování funkce prvků kritické infrastruktury. Představuje totiž schopnost prvků snížit intenzitu dopadů mimořádné události a zkrátit trvání výpadku či narušení jejich funkce. Požadované úrovně resilience lze dosáhnout kontinuálním posilováním úrovně pěti základních oblastí, kterými jsou připravenost, absorpce, reakceschopnost, obnovitelnost a adaptabilita. Tyto oblasti totiž determinují úroveň resilience subsystémů kritické infrastruktury a snižují tak jejich zranitelnost. (Slivková et al., 2017)

Posuzování rizik má za cíl podat podklady k rozhodnutí o ošetření určitých rizik a o volbě vhodných variant řešení. Zároveň je třeba vymezit základní parametry zkoumaného systému a nastavení rozsahu platnosti a kritérií (ČSN ISO 31000:2009). Obecné metody z oblasti risk managementu (ČSN EN 31010: 2010) slouží ke zjištění a zhodnocení míry úrovně rizika procesu či události a obvykle obsahují tři základní kroky (Boehm a DeMarco, 1997) posuzování rizik, tzn. identifikace, analýza, hodnocení.

Riziko u prvků a procesů kritické infrastruktury může vyvstávat z mnoha odlišných příčin či scénářů, jimiž mohou být události způsobené od naturogenních vlivů, přes lidský faktor, až například po terorismus. Pro analyzování rizik systému je třeba rizika přiřadit k jeho určitým částem, aby mohla být vhodně analyzována, zhodnocena a posouzena. Nejdůležitějšími postupy je správné identifikování zdroje rizika, validace následků a zvolení nejvhodnější strategie. Risk management nadále obsahuje potřebné stanovení hrozeb a závislostí.

6.1.4 Ochrana prvků

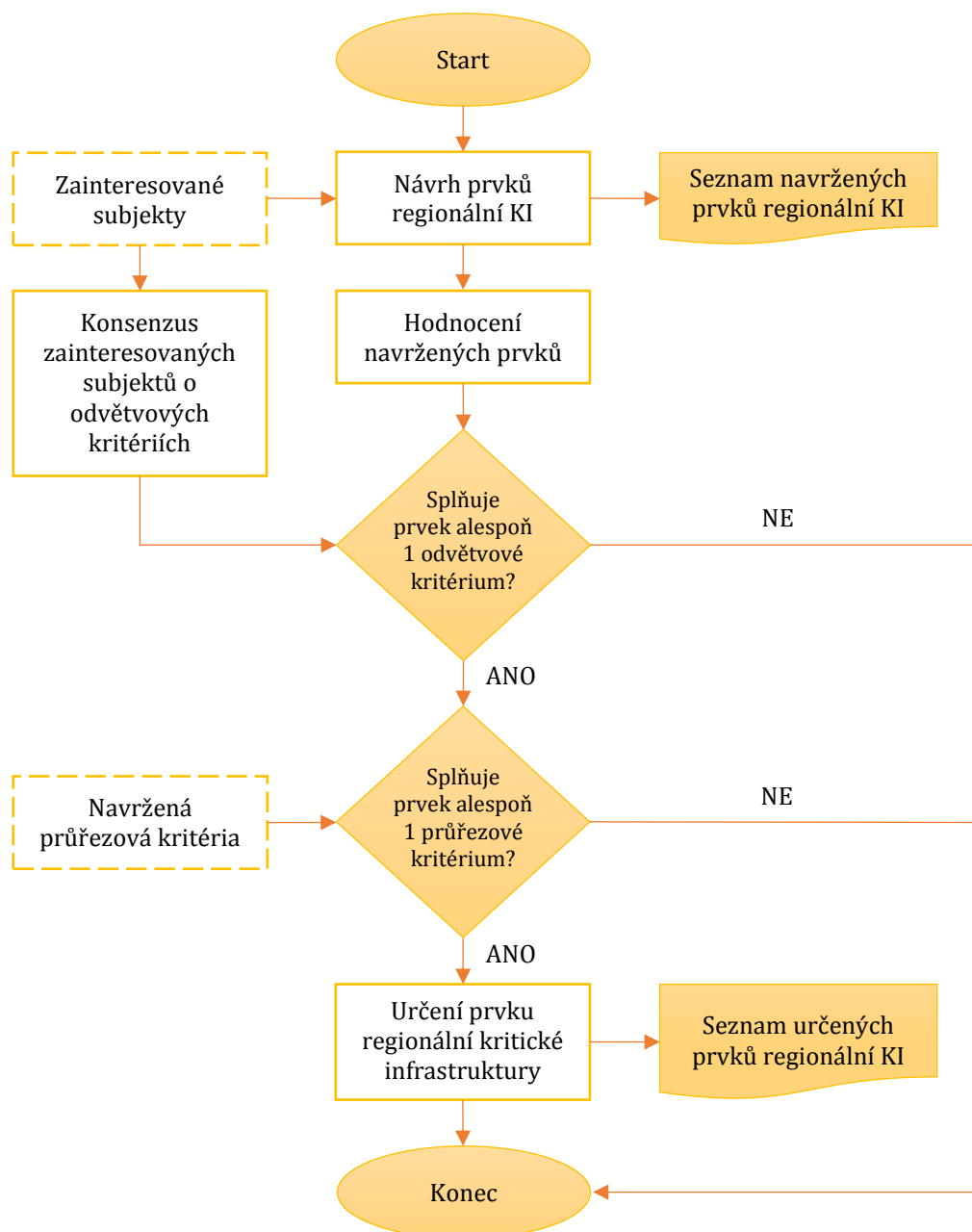
Posledním procesem rámce ochrany kritické infrastruktury je ochrana určených prvků regionální kritické infrastruktury. Tato ochrana spočívá zejména ve fyzické ochraně, tj. fyzická ostraha, organizační a režimová opatření a využití systémů technické ochrany (Hromada et al., 2014). Ochrana těchto prvků však může dále spočívat v systémovém řešení, politickém rozhodnutí apod.

6.2 Systém určování prvků kritické infrastruktury

Systém určování prvků kritické infrastruktury na regionální úrovni se sestává ze tří stěžejních komponent, tj. prvky, subjekty a procesy. Zatímco prvky a subjekty jsou předmětem hodnocení, procesy jsou jeho základním stavebním kamenem. Stěžejním procesem je samotné určování prvků regionální kritické infrastruktury, které může být realizováno buď konzervativním, nebo progresivním přístupem.

6.2.1 Proces určování prvků konzervativním přístupem

Konzervativní přístup k určování prvků regionální kritické infrastruktury vychází z procesu určování prvků národní a evropské kritické infrastruktury (Zákon 430, 2010; Směrnice, 2008). Tento přístup je realizován způsobem „top-down“, který je přístupem direktivním a nemusí dostatečně zohledňovat potřeby společnosti v hodnoceném regionu (viz obrázek 22).



Obrázek 22: Proces výběru přístupu k určování regionální kritické infrastruktury

Proces určování prvků konzervativním přístupem je složen ze sledu vzájemně navazujících kroků. Prvním krokem procesu je návrh prvků regionální kritické infrastruktury. Prvky jsou navrhovány zainteresovanými subjekty a obdobně jako na nejvyšší úrovni se jedná o takové instituce, které v rámci své působnosti navrhuji jednotlivé prvky na určení. Zainteresovanými subjekty na regionální úrovni jsou zamýšleny takové, jejichž územní působnost odpovídá řešenému regionu, a bude se jednat o následující:

- krajský úřad příslušného kraje,
- hasičský záchranný sbor kraje,
- krajské ředitelství Policie České republiky,

- zdravotnická záchranná služba kraje,
- krajská hygienická stanice příslušného kraje,
- krajská veterinární správa pro příslušný kraj,
- krajská pobočka úřadu práce České republiky,
- další instituce s působností v příslušném regionu.

Výstupem prvního kroku procesu bude souhrnný seznam navržených prvků regionální kritické infrastruktury. Zainteresované subjekty v procesu plní dvojí úlohu. Jejich první úloha byla zmíněna a jedná se o návrh prvků dle vlastní působnosti. Druhá úloha subjektů je poté kolektivní, přičemž se jedná o konsenzus zainteresovaných subjektů při definování odvětvových kritérií pro regionální kritickou infrastrukturu.

Druhým krokem procesu je hodnocení navržených prvků, v rámci něhož dochází nejprve k porovnání prvků s odvětvovými kritérii a následně s kritérii průřezovými. Jestliže vlastnosti prvku nesplňují alespoň jedno odvětvové kritérium, není možné takový prvek postoupit dalším krokům a je z procesu určování vyřazen. Následně je možné prvky porovnat s průřezovými kritérii. Průřezová kritéria pro regionální kritickou infrastrukturu byla nově navržena (viz podkapitola 6.2.2) a jedná se o využití transformace kritérií pro národní kritickou infrastrukturu. Prvky, jež nesplňují alespoň jedno navrhované průřezové kritérium, nemohou být určeny jako regionální kritická infrastruktura.

Posledním krokem procesu je určení prvků regionální kritické infrastruktury. Jako tyto prvky je možné určit jen takové prvky, jež splňují alespoň jedno odvětvové a průřezové kritérium pro regionální kritickou infrastrukturu. Výstupem posledního kroku procesu je seznam určených prvků regionální kritické infrastruktury. Jako vhodné se jeví, aby byl tento seznam zpracován institucí odpovídající za samosprávu příslušného regionu a předán na Ministerstvo vnitra ČR.

6.2.2 Průřezová kritéria pro hodnocení prvků konzervativním přístupem

Nezbytnou součástí navrhovaného konzervativního přístupu k určování prvků regionální kritické infrastruktury je definování nových průřezových kritérií pro regionální úroveň. Definování těchto kritérií vychází z národních průřezových kritérií (Nařízení vlády 432, 2010) a proces transformace byl proveden dynamickým způsobem, který je prezentován v následujícím textu. Rovněž je nutné poznamenat, že proces transformace je demonstrován na základě veřejně dostupných dat, které poskytuje Český statistický úřad (2017), a to pro roky 2010 až 2016. Návrhová část také obsahuje údaje o hrubém domácím produktu krajů, přičemž tyto údaje byly v době realizace návrhové části práce dostupné nejaktuálněji za rok 2015.

Transformace kritéria možného dopadu na veřejnost nebo jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125 000 osob (kritérium K1)

Transformace vychází z přepočtu hodnoty 125 000 osob $K1_{CR}$, jež je stanovena pro národní úroveň, vůči počtu všech obyvatel České republiky O_{CRI} dle vzorce (1):

$$D1_i = \frac{K1_{CR}}{O_{CRI}} \quad (1)$$

kde $D1_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 1 v i-tém roce; $K1_{CR}$ = původní hodnota průřezového kritéria 1 [osob]; O_{CRI} = počet obyvatel České republiky v i-tém roce [osob].

Výsledný poměr eventuálně postižených vůči počtu všech obyvatel je prezentován **dynamickou hodnotou průřezového kritéria ($D1_i$)**, která kolísá v rozmezí 1,184 – 1,192 %, **přičemž medián hodnot pro roky 2010 až 2016 činí 1,189 %**. Vypočtená hodnota $D1_i$ je vždy závislá na počtu obyvatel příslušného územního celku, tedy jedná se o hodnotu dynamickou (není určena statická limitní hranice počtu obyvatel jako na národní úrovni). Následně jsou hodnoty $D1_i$ využity při přepočtu eventuálně postižených obyvatel vůči počtu všech obyvatel příslušných krajů v příslušných letech podle vzorce (2):

$$K1_{ij} = D1_i \cdot O_{Kij} \quad (2)$$

kde $K1_{ij}$ = počet postižených obyvatel v i-tém roce a j-tém kraji [osob];
 $D1_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 1 v i-tém roce; O_{Kij} = počet obyvatel v i-tém roce a j-tém kraji [osob].

Vypočtené dynamické hodnoty pro kritérium K1 jsou zobrazeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Poměr eventuálně postižených obyvatel přepočtený pro jednotlivé kraje.

Transformace kritéria dopadu na obyvatelstvo (kritérium K1)								Údaje za ČR
Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
O_{CRi}	10,51 mil	10,49 mil	10,49 mil	10,52 mil	10,51 mil	10,54 mil	10,55 mil	
$D1_i$	1,190 %	1,192 %	1,192 %	1,188 %	1,189 %	1,186 %	1,184 %	K1 _{ij} (počet postižených obyvatel kraje)
Hlavní město Praha	14 860	14 709	14 805	14 818	14 782	14 934	15 008	
Středočeský kraj	14 848	15 078	15 246	15 353	15 484	15 598	15 718	
Jihočeský kraj	7 591	7 581	7 582	7 570	7 575	7 556	7 557	
Plzeňský kraj	6 806	6 806	6 819	6 809	6 814	6 821	6 835	
Karlovarský kraj	3 664	3 624	3 612	3 589	3 568	3 547	3 530	
Ústecký kraj	9 947	9 870	9 632	9 827	9 811	9 774	9 748	
Liberecký kraj	5 223	5 221	5 228	5 217	5 221	5 207	5 200	
Královéhradecký kraj	6 591	6 615	6 604	6 571	6 565	6 548	6 527	
Pardubický kraj	6 139	6 155	6 156	6 132	6 136	6 121	6 112	
Vysočina	6 122	6 102	6 103	6 072	6 065	6 050	6 029	
Jihomoravský kraj	13 706	13 874	13 899	13 892	13 914	13 914	13 918	
Olomoucký kraj	7 634	7 612	7 617	7 582	7 564	7 544	7 522	
Zlínský kraj	7 031	7 033	7 021	6 987	6 969	6 939	6 929	
Moravskoslezský kraj	14 836	14 721	14 674	14 581	14 532	14 448	14 368	

Prosté využití podílu současného limitu 125 000 postižených osob a počtu krajů jako samotného průřezového kritéria krajské kritické infrastruktury se jeví jako nevyhovující. Výsledkem tohoto podílu ($125\,000/14$) je statická hodnota 8 929 postižených osob. Např. v Praze by se při použití této hodnoty stanovené prostým podílem počtu zasažených počtem krajů ČR jednalo o postižení necelého 1 % obyvatelstva, avšak v Karlovarském kraji o postižení téměř 3 % obyvatel kraje. Vzhledem k výhodě dynamických (poměrových) hodnot $D1_i$ uvedených v tabulce 3 není žádný kraj znevýhodněn, oproti možnosti určení limitní hranice výše zmíněným statickým podílem průřezového kritéria pro krajskou kritickou infrastrukturu.

Transformace kritéria ekonomického dopadu s mezní hodnotou hospodářské ztráty vyšší než 0,5 % hrubého domácího produktu (kritérium K2)

Pro potřebu stanovení průřezového kritéria K2 krajské kritické infrastruktury byla výše zmíněná hodnota $K1_{ij}$ použita pro výpočet ekonomického dopadu mezní hodnoty hrubého domácího produktu jednotlivých krajů. Na úrovni národní kritické infrastruktury bylo vytvořeno průřezové kritérium s limitním poměrem

stanoveným jako mezní hodnota hospodářské ztráty na úroveň 0,5 % hrubého domácího produktu ($K2_{CR}$).

Vypočtené hodnoty pro území celé České republiky a jednotlivé kraje jsou znázorněny v tabulce 4.

Tabulka 4: Vypočtená výše mezní hodnoty ekonomického dopadu na hrubý domácí produkt České republiky a jednotlivých krajů (zdroj dat: Český statistický úřad, 2017)

Transformace kritéria ekonomického dopadu na HDP (miliony Kč)							
Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	HDP
Česká republika	3 953 651	4 033 755	4 059 912	4 098 128	4 313 789	4 554 615	100 %
	19 768	20 169	20 300	20 491	21 569	22 773	0,5 %
Hlavní město Praha	5 081	5 019	5 022	5 057	5 221	5 564	Využití kritéria $K2_{CR}$ pro jednotlivé kraje
Středočeský kraj	2 098	2 205	2 248	2 262	2 467	2 639	
Jihočeský kraj	1 011	1 019	1 042	1 060	1 097	1 153	
Plzeňský kraj	991	1 013	992	1 041	1 115	1 164	
Karlovarský kraj	414	416	412	410	423	435	
Ústecký kraj	1 248	1 252	1 254	1 249	1 278	1 376	
Liberecký kraj	631	645	658	662	697	736	
Královéhradecký kraj	907	918	922	926	991	1 043	
Pardubický kraj	798	829	791	809	860	901	
Vysočina	774	810	829	836	870	901	
Jihomoravský kraj	2 036	2 108	2 172	2 265	2 368	2 494	
Olomoucký kraj	916	949	959	959	1 013	1 078	
Zlínský kraj	924	957	955	970	1 070	1 115	
Moravskoslezský kraj	1 939	2 030	2 044	1 986	2 100	2 175	

Český statistický úřad zveřejňuje hodnoty hrubého domácího produktu přepočtené na jednoho obyvatele. Jedná se o specificky vypočítanou hodnotu dle určitých stanovených pravidel. Při nedostupnosti takových informací je možné využít alternativní orientační přepočet zahrnující základní fakta. Tabulka 5 uvádí tyto hodnoty, jež poskytuje Český statistický úřad (2017).

Z hlediska následně provedeného výpočtu je naprosto dominantní hodnotou počet postižených osob, jelikož např. padesátinásobně převyšuje počet hospitalizovaných osob. Z toho důvodu není uvažováno s hodnotami počtu hospitalizovaných a zemřelých osob. Následující vzorec 3 je připraven pro výpočet hodnoty hrubého domácího produktu na jednoho obyvatele (3):

$$HDP_{1ij} = \frac{HDP_{Kij}}{O_{Kij}} \quad (3)$$

kde HDP_{1ij} = hrubý domácí produkt na jednoho obyvatele v i-tém roce a j-tém kraji [Kč/osoba]; HDP_{Kij} = hrubý domácí produkt kraje v i-tém roce a j-tém kraji [Kč]; O_{Kij} = počet obyvatel v i-tém roce a j-tém kraji [osob].

Tabulka 5: Přepočet hrubého domácího produktu ČR a hrubého domácího produktu jednotlivých krajů na jednoho obyvatele (zdroj dat: Český statistický úřad, 2017)

Hrubý domácí produkt na 1 obyvatele v Kč							
Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Česká republika	376 311	384 643	387 173	389 593	410 407	432 209	HDP_{1ij}
Hlavní město Praha	811 822	810 814	807 594	812 460	834 578	881 411	
Středočeský kraj	333 680	346 428	349 550	348 696	376 832	399 682	
Jihočeský kraj	317 054	320 440	327 529	333 103	344 516	361 699	
Plzeňský kraj	346 460	354 520	346 955	363 319	388 432	404 565	
Karlovarský kraj	269 200	273 805	272 428	272 456	282 096	291 304	
Ústecký kraj	298 627	302 300	303 122	302 416	309 863	334 249	
Liberecký kraj	287 144	294 489	300 005	302 114	317 744	335 210	
Královéhradecký kraj	327 441	331 212	333 429	335 312	359 156	378 326	
Pardubický kraj	308 768	321 009	306 424	313 716	333 110	348 996	
Vysočina	300 530	316 535	323 976	327 539	341 282	353 587	
Jihomoravský kraj	353 185	362 048	372 135	387 592	404 513	424 994	
Olomoucký kraj	285 621	296 974	300 777	301 163	318 621	339 556	
Zlínský kraj	313 138	324 536	324 583	330 803	365 317	381 168	
Moravskoslezský kraj	311 598	329 361	332 781	324 580	344 328	357 939	

Následující tabulka 6 znázorňuje výpočet nevytvořeného hrubého domácího produktu při použití hodnot kritéria $K1_{ij}$ a původně stanoveného limitního kritéria $K2_{CR}$. Nevytvořený HDP je v tabulce 6 uveden pouze modelově pro výchozí rok 2010. Výpočet nevytvořeného hrubého domácího produktu je proveden pro kraje podle vzorce (4):

$$NHDP_{Kij} = HDP_{1ij} \cdot K1_{ij} \quad (4)$$

kde $NHDP_{Kij}$ = nevytvořený hrubý domácí produkt s využitím hodnot kritéria $K1_{ij}$ v i-tém roce a j-tém kraji [Kč]; HDP_{1ij} = hrubý domácí produkt na jednoho obyvatele v i-tém roce a j-tém kraji [Kč/osoba]; $K1_{ij}$ = počet postižených obyvatel v i-tém roce a j-tém kraji [osob].

Tabulka 6: Porovnání hodnot nevytvořeného hrubého domácího produktu krajů vypočtených z dynamické hodnoty průřezového kritéria $D1_i$ a hodnot původně stanoveného kritéria $K2_{CR}$

Ztráta hrubého domácího produktu krajů v roce 2010						
Kraj České republiky	HDP_{Kij} [mil. Kč]	HDP_{1ij} [Kč]	$D1_i=1,190\%$		$K2_{CR}$ [mil. Kč]	
			$K1_{ij}$ [os]	$NHDP_{Kij}$ [mil. Kč]		
Hlavní město Praha	1 016 179	811 822	14 860	11 941	5 081	0,5 % HDP kraje
Středočeský kraj	419 500	333 680	14 848	5 031	2 098	
Jihočeský kraj	202 252	317 054	7 591	2 404	1 011	
Plzeňský kraj	198 183	346 460	6 806	2 358	991	
Karlovarský kraj	82 811	269 200	3 664	975	414	
Ústecký kraj	249 591	298 627	9 947	2 947	1 248	
Liberecký kraj	126 195	287 144	5 223	1 499	631	
Královéhradecký kraj	181 499	327 441	6 591	2 166	907	
Pardubický kraj	159 564	308 768	6 139	1 901	798	
Vysočina	154 713	300 530	6 122	1 834	774	
Jihomoravský kraj	407 139	353 185	13 706	4 900	2 036	
Olomoucký kraj	183 272	285 621	7 634	2 174	916	
Zlínský kraj	184 895	313 138	7 031	2 202	924	
Moravskoslezský kraj	387 858	311 598	14 836	4 587	1 939	

V tabulce 6 si nelze nevšimnout nevytvořeného hrubého domácího produktu kraje $NHDP_{Kij}$, který převyšuje vypočtenou hodnotu původního kritéria $K2_{CR}$ uplatněného pro jednotlivé kraje. Z tabulky 7 je poté zřejmý rozdíl hodnot nevytvořeného hrubého domácího produktu v Kč pro jednotlivé kraje, který je způsoben jednak původní výší samotného hrubého domácího produktu kraje, ale zároveň také počtem jeho obyvatel. Na základě výše zmíněného lze usuzovat, že již při dosažení počtu postižených obyvatel stanovených podle kritéria $K1_{ij}$ dojde v kraji k nevytvoření hrubého domácího produktu v takové výši, která překračuje mezní hodnotu stanovenou původním kritériem $K2_{CR}$. Vzájemná závislost již stanovených průřezových kritérií (Nařízení vlády 432, 2010) je zřejmá, avšak z hlediska navržené transformace kritérií krajské úrovně kritické infrastruktury je třeba zmínit následující: **Hrubý domácí produkt kraje nevytvořený celkovým počtem postižených osob překročí mezní hodnotu 0,5 % hospodářské ztráty hrubého domácího produktu kraje (hodnotu vycházející z národní úrovně kritérií).**

Na národní úrovni je kritérium $K2_{CR}$ stanoveno na mezní hodnotu hospodářské ztráty hrubého domácího produktu 0,5 %, avšak pro úroveň kraje je toto kritérium

nevyhovující. Na základě vzorec (5) lze obecně vyjádřit hodnoty dynamického kritéria $K2_{ij}$ přepočteného pro úroveň kraje:

$$K2_{ij} = \frac{NHDP_{Kij}}{HDP_{Kij}} \quad (5)$$

kde $K2_{ij}$ = hodnota průřezového kritéria 2 v i-tém roce a j-tém kraji;

$NHDP_{Kij}$ = nevytvořený hrubý domácí produkt s využitím hodnoty kritéria $K1_{ij}$ v i-tém roce a j-tém kraji [Kč]; HDP_{Kij} = hrubý domácí produkt v i-tém roce a j-tém kraji [Kč].

Jedná se o limitní hodnotu kritéria $K2_{ij}$, jež je proměnná v jednotlivých letech a pro jednotlivé kraje. Výše kritéria odpovídá hrubému domácímu produktu, jež nebyl vytvořen takovým počtem obyvatel, který je stanoven pomocí hodnot kritéria $K1_{ij}$ pro příslušné roky a kraje.

Tabulka 7 uvádí jednotlivé hodnoty průřezového kritéria krajské kritické infrastruktury $K2_{ij}$, jež jsou dynamicky proměnné pro každý kraj a pro příslušný rok na základě počtu obyvatel kraje a jeho hrubého domácího produktu.

Hodnoty nevytvořeného hrubého domácího produktu krajů [miliard Kč]																		
Rok	2010			2011			2012			2013			2014			2015		
	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}	$D1_t = 1,192\%$			$D1_t = 1,192\%$			$D1_t = 1,188\%$			$D1_t = 1,189\%$			$D1_t = 1,184\%$		
Kraj České republiky	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}	HDP_{kij}	$NHDP_{kij}$	K^2_{ij}
Hlavní město Praha	1 016,2	12,1	1,187%	1 003,7	11,9	1,188%	1 004,4	12,0	1,190%	1 011,3	12,0	1,190%	1 044,1	12,3	1,182%	1 112,8	13,2	1,183%
Středočeský kraj	419,5	5,0	1,181%	441,0	5,2	1,184%	449,5	5,3	1,186%	452,3	5,4	1,184%	493,3	5,8	1,183%	527,9	6,2	1,181%
Jihočeský kraj	202,3	2,4	1,190%	203,8	2,4	1,192%	208,4	2,5	1,191%	212,0	2,5	1,189%	219,4	2,6	1,189%	230,5	2,7	1,186%
Plzeňský kraj	198,2	2,4	1,190%	202,6	2,4	1,191%	198,5	2,4	1,192%	208,1	2,5	1,189%	223,0	2,6	1,187%	232,9	2,8	1,185%
Karlovarský kraj	82,8	1,0	1,191%	83,1	1,0	1,194%	82,4	1,0	1,194%	82,0	1,0	1,192%	84,6	1,0	1,190%	87,0	1,0	1,188%
Ústecký kraj	249,6	3,0	1,190%	250,5	3,0	1,191%	250,8	2,9	1,194%	249,7	3,0	1,190%	255,6	3,0	1,190%	275,2	3,3	1,187%
Liberecký kraj	126,2	1,5	1,188%	129,0	1,5	1,192%	131,6	1,6	1,192%	132,5	1,6	1,190%	139,4	1,7	1,190%	147,2	1,7	1,186%
Královéhradecký kr	181,5	2,2	1,189%	183,5	2,2	1,194%	184,5	2,2	1,194%	185,1	2,2	1,190%	198,2	2,4	1,190%	208,6	2,5	1,188%
Pardubický kraj	159,6	1,9	1,188%	165,7	2,0	1,192%	158,2	1,9	1,192%	161,8	1,9	1,189%	171,9	2,0	1,189%	180,2	2,1	1,186%
Vysočina	154,7	1,8	1,189%	162,1	1,9	1,192%	165,8	2,0	1,193%	167,2	2,0	1,189%	174,1	2,1	1,189%	180,2	2,1	1,187%
Jihomoravský kraj	407,1	4,8	1,189%	421,7	5,0	1,191%	434,3	5,2	1,191%	452,9	5,4	1,189%	473,6	5,6	1,189%	498,8	5,9	1,186%
Olomoucký kraj	183,3	2,2	1,190%	189,7	2,3	1,192%	191,8	2,3	1,194%	191,7	2,3	1,191%	202,7	2,4	1,189%	215,7	2,6	1,188%
Zlínský kraj	184,9	2,2	1,191%	191,3	2,3	1,193%	191,0	2,3	1,193%	194,0	2,3	1,191%	214,0	2,5	1,190%	222,9	2,6	1,187%
Moravskoslezský kr	387,9	4,6	1,192%	406,0	4,8	1,194%	408,7	4,9	1,195%	397,3	4,7	1,191%	420,0	5,0	1,191%	435,0	5,2	1,189%

Transformace kritéria mezní hodnoty 250 mrtvých nebo 2 500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin (kritérium K3)

Za účelem transformace třetího průřezového kritéria krajské úrovně kritické infrastruktury (K3) je proveden přepočet hodnot usmrcených $K3u_{CR}$ a hospitalizovaných $K3h_{CR}$ vzhledem k celkovému počtu obyvatel České republiky O_{CR} . Přepočet kritéria 250 usmrcených byl proveden nejprve podle vzorce (6), čímž byl opět vypočten poměr mrtvých vztážený k celkovému počtu obyvatel České republiky $D3u_i$:

$$D3u_i = \frac{K3u_{CR}}{O_{CRi}} \quad (6)$$

kde $D3u_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu usmrcených v i-tém roce; $K3u_{CR}$ = původní hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu usmrcených [osob]; O_{CRi} = počet obyvatel České republiky v i-tém roce [osob].

Následně byla tato hodnota aplikována na počty obyvatel příslušných krajů podle vzorce (7):

$$K3u_{ij} = D3u_i \cdot O_{Kij} \quad (7)$$

kde $K3u_{ij}$ = počet usmrcených v i-tém roce a j-tém kraji [osob]; $D3u_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu usmrcených v i-tém roce; O_{Kij} = počet obyvatel v i-tém roce a j-tém kraji [osob].

Obdobně je přepočteno kritérium 2 500 následně hospitalizovaných, a to podle vzorce (8), kde se jedná o výpočet poměru následně hospitalizovaných k celkovému počtu obyvatel České republiky $D3h_i$:

$$D3h_i = \frac{K3h_{CR}}{O_{CRi}} \quad (8) \quad (2)$$

kde $D3h_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu následně hospitalizovaných v i-tém roce; $K3h_{CR}$ = původní hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu následně hospitalizovaných [osob]; O_{CRi} = počet obyvatel České republiky v i-tém roce [osob].

V dalším kroku byla hodnota $D3h_i$ využita pro výpočet počtu následně hospitalizovaných osob příslušného kraje $K3h_{ij}$, a to podle vzorce (9):

$$K3h_{ij} = D3h_i \cdot O_{Kij} \quad (9)$$

kde $K3h_{ij}$ = počet následně hospitalizovaných osob v i-tém roce a j-tém kraji [osob]; $D3h_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu následně hospitalizovaných osob v i-tém roce; O_{Kij} = počet obyvatel kraje v i-tém roce a j-tém kraji [osob].

Vypočtené limitní hodnoty pro určení prvku krajské kritické infrastruktury podle kritéria počtu usmrcených $K3u_i$ nebo počtu následně hospitalizovaných osob $K3h_i$

se pohybují **v rozmezí hodnot v řádech nejvýše desítek usmrcených a nejvýše stovek hospitalizovaných obyvatel příslušného kraje**. Je však nutno brát v úvahu právě vlastnost příslušného prvku krajské kritické infrastruktury, jež spočívá v možnosti vzniku primárního či sekundárního ohrožení zdraví či životů obyvatelstva. Vypočtené počty obětí nebo hospitalizovaných stanovené dle výše uvedených vztahů jsou souhrnně uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Vypočtená dynamická výše kritéria usmrcených $D3u_i$ / následně hospitalizovaných osob $D3h_i$ pro jednotlivé kraje

Transformace kritéria obětí / následně hospitalizovaných osob								
Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	jednotka
O_{CRI}	10,51 mil	10,49 mil	10,49 mil	10,52 mil	10,51 mil	10,54 mil	10,55 mil	obyvatel
$D3u_i$	0,00238	0,00238	0,00238	0,00238	0,00238	0,00237	0,00237	[%]
$D3h_i$	0,0238	0,0238	0,0238	0,0238	0,0238	0,0237	0,0237	
Hlavní město Praha	30 / 297	29 / 293	30 / 296	30 / 296	30 / 296	30 / 299	30 / 302	$K3u_{ij} /$ $K3h_{ij}$
Středočeský kraj	30 / 297	30 / 301	30 / 304	31 / 307	31 / 310	31 / 313	32 / 316	
Jihočeský kraj	15 / 152	15 / 151	15 / 151	15 / 151	15 / 152	15 / 151	15 / 152	
Plzeňský kraj	14 / 136	14 / 136	14 / 136	14 / 136	14 / 136	14 / 137	14 / 137	
Karlovarský kraj	7 / 73	7 / 72	7 / 72	7 / 72	7 / 71	7 / 71	7 / 71	
Ústecký kraj	20 / 199	20 / 197	19 / 192	20 / 197	20 / 196	20 / 196	20 / 196	
Liberecký kraj	10 / 104	10 / 104	10 / 104	10 / 104	10 / 104	10 / 104	10 / 104	
Královéhradecký kr	13 / 132	13 / 132	13 / 132	13 / 131	13 / 131	13 / 131	13 / 131	
Pardubický kraj	12 / 123	12 / 123	12 / 123	12 / 123	12 / 123	12 / 123	12 / 123	
Vysočina	12 / 122	12 / 122	12 / 122	12 / 121	12 / 121	12 / 121	12 / 121	
Jihomoravský kraj	27 / 274	28 / 277	28 / 277	28 / 278	28 / 278	28 / 279	28 / 280	
Olomoucký kraj	15 / 153	15 / 152	15 / 152	15 / 152	15 / 151	15 / 151	15 / 151	
Zlínský kraj	14 / 141	14 / 140	14 / 140	14 / 140	14 / 139	14 / 139	14 / 139	
Moravskoslezský kr	30 / 297	29 / 294	29 / 293	29 / 292	29 / 291	29 / 290	29 / 289	

Takto vypočtené hodnoty kritéria mrtvých a/nebo následně hospitalizovaných se více přibližují hodnotám následků reálně vznikajících situací. Nezávisle to potvrzují informace prezentované v různých typech dostupných materiálů (např. Global Risk, 2014; IPCC, 2012; Český statistický úřad, 2017).

6.2.3 Proces určování prvků a subjektů progresivním přístupem

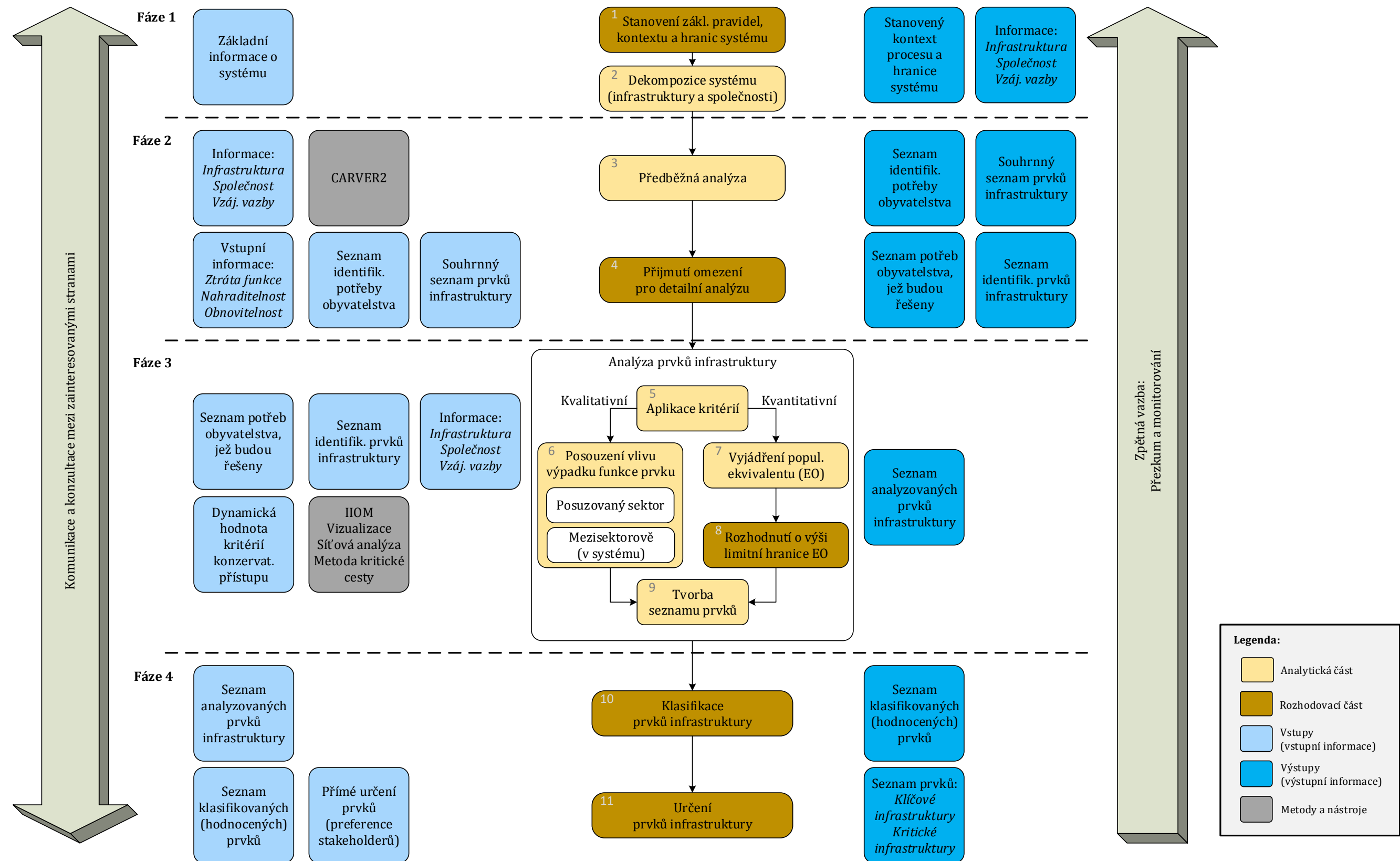
Druhá část návrhu je orientována na přístup od zdola nahoru (bottom-up) v rámci celého systému (Taquechel a Lewis, 2012). Jedná se o přístup využívající soudobé trendy v oblasti aplikace vědecky podložených poznatků²⁴ na oblast kritické infrastruktury (Kathi, 2006; Fotr et al., 2012).

Proces určování je tvořen jednotlivými kroky, přičemž jejich realizace je vysvětlena dále. Barevné rozlišení částí procesu bylo zvoleno pro snazší orientaci a celkový přehled odpovědností za jednotlivé kroky, vstupy a výstupy každého kroku a použité nástroje a metody. Barevné rozlišení lze vysvětlit následovně:

- Žlutá barva reprezentuje analytickou část a tyto části jsou určeny pro pracovní skupinu tvořenou odborníky.
- Hnědozelená barva označuje rozhodovací část postupu a tyto části procesu by měly být prováděny výhradně odpovědnými orgány.
- Světle modrá barva označuje informace vstupující do procesu nebo k jednotlivým krokům. Dále se může jednat o možnost využití dalších vstupních informací potřebných pro provedení analýzy či tvorbu rozhodnutí.
- Tmavě modrá barva označuje naopak výstupní informace z procesu či jednotlivých kroků. Většina výstupních informací je zároveň informací vstupní pro následující krok procesu.
- Šedá barva označuje doporučené nástroje využitelné u jednotlivých kroků procesu nebo dále nástroje, jež je možno u těchto kroků využít.

Bílá barva je zvolena jako doplněk a neovlivňuje vyjádření odpovědností. Na provádění jednotlivých kroků nemá žádný vliv, neboť tvoří pouze určitou „nadskupinu“ či „podskupinu“ níže popsanych kroků. Celý proces včetně barevného rozlišení jednotlivých kroků je znázorněn na obrázku 23.

²⁴ Jednotlivé přístupy jsou zevrubněji popsány v kapitole 2.3 Vývoj přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury.



Obrázek 23: Proces pro určování prvků progresivním přístupem, včetně vyobrazení všech jeho částí

Následující popis procesu objasňuje podstatu a formu vstupních a výstupních informací, stejně jako využitých a doporučených nástrojů a metod. Proces je obecně rozdělen do čtyř fází, v nichž každá obsahuje jeden či více kroků procesu. Není-li uvedeno jinak, jednotlivé kroky procesu jsou prováděny jako odborné činnosti, jež by měly být prováděny pracovní skupinou složenou z odborníků (analytiků).

1. Fáze procesu: Deskripce systému

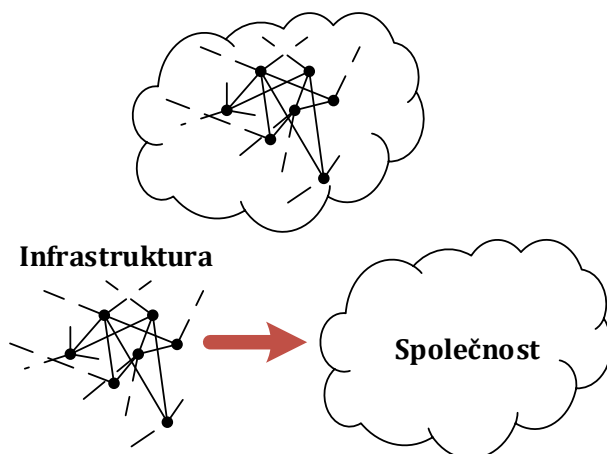
První fáze je zaměřena na obecnou rovinu procesu určování. První část tvoří stanovení kontextu a hranic systému, druhou část poté dekompozice takto stanoveného systému.

Stanovení základních pravidel, kontextu a hranic systému je prvním krokem celého procesu (viz také ČSN ISO 31000:2009). Je nezbytné určit základní parametry procesu tak, aby bylo možno zohlednit mimo jiné požadavky zainteresovaných aktérů procesu²⁵ a také aby neznemožňovaly rozporovat důvěryhodnost výsledků procesu určování. Dále je třeba stanovit, jaké strany se budou podílet na provádění příslušných kroků procesu, tzn. analytických kroků, rozhodovacích kroků. Zároveň je třeba stanovit hranice systému, v němž bude prováděn proces určování. Hranice systému nemusí být vždy totožné. Obdobně by měla být jasně nastavena pravidla a odpovědnosti za monitorování a přezkum. Jedná se o rozhodnutí, tento krok by měl být učiněn tedy odpovědným orgánem.

Dekompozice systému spočívá v jeho rozkladu na část infrastruktury a společnost²⁶. Infrastruktura reprezentuje prostředek, pomocí kterého jsou uspokojovány základní potřeby společnosti (viz kapitola 2.1). Kritičnost je tedy vztažena ke společnosti a má vztah s omezením dodávaných služeb a závislosti na nich (Egan, 2007; Brown et al., 2010). Dekompozice systému je graficky znázorněna na obrázku 24.

²⁵ Jedná se o zúčastněné strany, které mají právo vyjadřovat se k otázkám týkající se společenské úrovně bezpečnosti (viz Sendai Framework, 2015). Může se jednat zejména o veřejnoprávní instituce různého charakteru (viz podkapitola 6.2.1), bezpečnostní složky, přizvané odborníky, příslušné vlastníky nebo provozovatele, neziskové organizace a zájmová uskupení.

²⁶ Mezi infrastrukturou a společností existují vazby. Zjednodušeně lze vysvětlit, že jedním směrem plyne tok komodit dodávaných infrastrukturou pro společnost a druhým směrem plynou požadavky vůči infrastruktuře (Brown et al., 2010). Pro zjednodušení je znázorněn pouze první zmiňovaný směr.



Obrázek 24: Dekompozice systému na část orientující na se infrastrukturu a část orientující se na společnost

Vstupními informacemi pro oba výše zmíněné kroky jsou základní informace o systému. Naopak výstupními informacemi z prvního kroku bude stanovený kontext procesu a stanovené hranice systému. Výstupní informace z druhého kroku budou tvořit zevrubnější informace o infrastruktuře, společnosti a jejich vzájemných vazbách.

2. Fáze procesu: Identifikace prvků

Obecné zaměření druhé fáze procesu a zároveň i jejím cílem je tvorba seznamu identifikovaných prvků infrastruktury dle určitých pravidel a omezení.

Předběžná analýza je krokem, jehož účelem je zkoumání všech elementárních částí systému (ev. jeho prvků) dle určitých pravidel. Vstupními informacemi jsou zevrubnější informace o infrastruktuře, společnosti a vzájemných vazbách. Nástrojem pro provádění předběžné analýzy může být například metoda CARVER2 (2011), jejíž provádění je vázáno určitými pravidly. Tento krok je také zaměřen na identifikaci základních potřeb obyvatelstva (ev. společnosti), přičemž jejich výčet nemusí být v různých případech nutně konstantní (viz kapitola 2.1). Na základě provedené analýzy by měl být výstupem tohoto kroku souhrnný seznam prvků infrastruktury a seznam identifikovaných potřeb obyvatelstva.

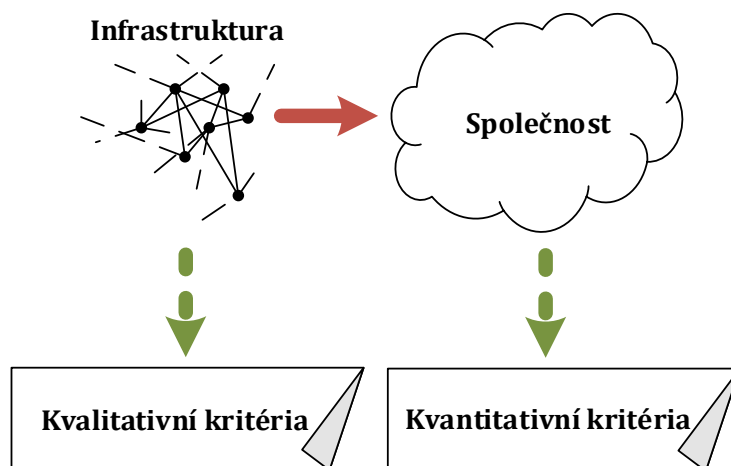
Přijmutí omezení pro detailní analýzu je dalším krokem, v němž je učiněno rozhodování (jedná se o politické rozhodnutí). Na základě stanoveného kontextu a stanovených hranic systému je možné přijmout určitá omezení. Účelem přijmutí omezení je další zpřesnění pro provádění následné detailní analýzy. Vstupními informacemi je zmiňovaný souhrnný seznam prvků infrastruktury a seznam identifikovaných potřeb obyvatelstva. Při rozhodování o přijmutí omezení je také třeba brát v úvahu možnou ztrátu funkce určitých částí systému, jejich nahraditelnost nebo nenahraditelnost a také možnou obnovitelnost těchto částí. Na základě přijmutí omezení by mělo dojít k určité odůvodnitelné redukci seznamu prvků infrastruktury a seznamu potřeb obyvatelstva (společnost).

Odůvodnění politického rozhodnutí může spočívat v základní myšlence, že společnost dokáže fungovat i při omezení poskytování určitých služeb (Rakowski, 2008). Výstupem tohoto kroku by měl být tedy seznam potřeb obyvatelstva, jež budou řešeny a kterým bude přikládána priorita v určitém pořadí (primárně je však třeba řešit potřeby nutné pro existenci – viz kapitola 2.1). Dalším výstupem by měl být seznam identifikovaných prvků infrastruktury vyhovující nastaveným omezením (tzn. vybraných pro detailní analýzu).

3. Fáze procesu: Analýza prvků

Třetí fáze je orientována na samotnou analýzu prvků infrastruktury dle nastavených pravidel (viz kroky 1 a 4) s využitím přednastavené sady kritérií. Cílem je vypracování seznamu analyzovaných prvků, který bude sloužit jako podklad pro následující rozhodnutí.

Aplikace kritérií dle přednastavené sady vychází zejména z filozofie dekompozice systému. Sada kritérií je tedy rozdělena na kvantitativní a kvalitativní, jak je znázorněno na obrázku 25.



Obrázek 25: Prezentace vztahu dekomponovaného systému s kvantitativními a kvalitativními kritérii

Kvantitativní kritérium je vázáno na následek výpadku dodávané služby na obyvatelstvo. Oproti tomu kvalitativní kritérium je odvozeno od vlivu výpadku funkce prvku infrastruktury na celý funkční celek (sektor/systém).

Posouzení vlivu výpadku funkce prvku je aplikací kvalitativní části kritérií. Jedná se o posouzení vlivu výpadku funkce prvku nejprve na posuzovaný sektor a poté na celý funkční celek (tedy na celý systém). Vyjádření vlivu výpadku funkce prvku může být kvalitativně provedeno například jako „následek bez negativního vlivu“ (bezchybné přesměrování zatížení na jinou část systému), nebo jako „hraniční zatížení“ (přesměrováním může dojít k zatížení systému na hranici únosnosti) nebo například jako „přetížení“ (přesměrováním může dojít k přetížení zbývajících

části systému). Kvalitativní vyjádření může být velmi obecné, avšak se zřejmým vymezením vlivu výpadku funkce prvku umožňující posouzení vlivu takového výpadku. Vstupními informacemi nutnými pro posouzení vlivu výpadku funkce příslušného prvku bude seznam potřeb obyvatelstva, jež budou řešeny, dále seznam identifikovaných prvků infrastruktury a také informace o infrastruktuře, společnosti a vzájemných vazbách společnosti a infrastruktury. Mezi využitelné nástroje patří různé metody (Wang a Chen, 2003), jako např. Interoperability Input-Output Model (Ghorbani a Bagheri, 2008; Yusta et al., 2011) umožňující provedení modelování a pochopení závislostí. Dále je možno využít například metody určené pro analýzu sítí, konkrétně metodu kritické cesty (Chanas a Zielinski, 2001) nebo síťovou analýzu (Barabási, 2005; Zio, 2016; Setola et al., 2017), jež využívá nejnovějších poznatků a umožňuje získání potřebných výsledků (Gao et al., 2016).

Vyjádření populačního ekvivalentu (nebo také ekvivalentních obyvatel „EO“) slouží k vymezení vlivu výpadku funkce na obyvatelstvo. Jedná se o kvantitativní vyjádření obyvatel, jež jsou závislí na službě dodávané příslušným prvkem (infrastrukturou) a tedy i budou dotčeni případným výpadkem funkce příslušného prvku. Vstupní údaje jsou shodné s krokem 6 procesu a na základě využití nástrojů popsaných v předchozím kroku procesu by měla být k dispozici již většina potřebných informací pro provedení kvantifikace. Na základě zevrubnějších informací o infrastruktuře je možné poté provést kvantifikaci následků výpadků funkce prvků infrastruktury.

Rozhodnutí o výši limitní hranice EO je dalším krokem určeným pro odpovědné orgány. Jedná se o volbu vhodné limitní hodnoty počtu obyvatel dotčených výpadkem služby. Pokud výpadek služby zasáhne počet obyvatel vyšší, než je stanoveno limitní hranicí, bude tento údaj sloužit pro prioritizaci takového prvku v následujících krocích. Pro každý sektor nebo pro každou poskytovanou službu obyvatelstvu může být stanovena zvláštní limitní hranice. Příkladem vstupní informací pro určení limitní hranice může být například dynamická hodnota kritérií z konzervativního přístupu.

Výstupem celé třetí fáze by měl být seznam analyzovaných prvků infrastruktury. Tento seznam tak bude obsahovat výčet prvků s přiřazenými hodnotami kvalitativní části kritérií i části kvantitativní. Z takto zpracovaného seznamu by měly být zcela zřejmé následky výpadku funkce příslušného prvku vůči infrastruktuře a následky výpadku na obyvatelstvo. Implementace vzájemných závislostí společnosti a infrastruktury společně s využitím navrhovaných nástrojů umožňuje také posuzovat vliv na celý systém (infrastruktury a společnosti).

Uplatnění sady kvantitativních a kvalitativních kritérií je možno sledovat také jako uplatnění jednoho z principů vyplývajících ze Směrnice (2008), který je zaměřen na využití průřezových a odvětvových kritérií. Jako průřezové

kritérium lze chápat kvantitativní část kritérií spočívající ve vyjádření ekvivalentu obyvatelstva. Jako odvětvové kritérium je poté možné chápat kvalitativní část kritérií spočívající v posouzení vlivu výpadku funkce prvku na příslušné odvětví i na celý funkční celek.

4. Fáze procesu: Hodnocení prvků

Závěrečná fáze procesu je orientována na hodnocení prvků analyzovaných a identifikovaných v předcházející fázi. Následně je možné seznam těchto prvků určit jako regionální infrastrukturu. Oba kroky čtvrté fáze na sebe plynule navazují a je možno je provádět souhrnně.

Klasifikace prvků infrastruktury do příslušných skupin je v odpovědnosti příslušných kompetentních orgánů. Vstupní údaje tvoří seznam analyzovaných prvků infrastruktury, z něhož je možné odvodit následky výpadku funkce příslušného prvku. Klasifikaci lze provést do několika skupin, přičemž je možné nalézt inspiraci v odborné literatuře (např. Šenovský et al., 2007). Za tímto účelem je však nutno stanovit pravidla pro zařazení prvků do příslušné kategorie regionální infrastruktury. Tato pravidla by měla být jednoznačně definována odpovědnými orgány. Jako vhodný přístup se jeví klasifikace prvků do čtyř skupin, proto byla zvolena následující škála:

- **Zvláštní úroveň** reprezentují takové prvky, jejichž nezařazení do kritické infrastruktury vyšší úrovně by se mohlo jevit jako nežádoucí. Může se jednat například o výpadek funkce prvku s rozsáhlými následky pro celý region a zároveň s následky na vyšší úroveň kritické infrastruktury. Zapříčinění nefunkčnosti infrastruktury na vyšší úrovni je obecně málo pravděpodobné, avšak nelze jej vyloučit (viz blackout v Severní Americe: Interim Report, 2003). Dále může prvek například splňovat kritéria pro zařazení do vyšší úrovně kritické infrastruktury. Takové prvky by tedy měly být znovu přezkoumány pro zařazení do vyšší úrovně kritické infrastruktury.
- **Regionální kritická infrastruktura** tvoří druhou skupinu prvků. Jedná se o takové prvky, které jsou pro bezproblémové fungování regionu nezbytné (kritické). Jedná se o „životně“ důležité prvky (obdobu lze nalézt v Luiijf et al., 2003a), které tvoří jádro příslušné infrastruktury v regionu. Výpadek služby poskytované takovým prvkem může být v rámci regionu znatelný, avšak bez nežádoucích následků na kritickou infrastrukturu vyšší úrovně. Z hlediska problematiky kritické infrastruktury a její vyplývající ochrany by takové prvky měly mít v rámci regionu prioritu ochrany (stupeň 1). Může se jednat například o prvky, u nichž by došlo v rámci vyjádření vlivu výpadku funkce k „přetížení“ části nebo celé infrastruktury (viz kvalitativní vyjádření u kroku 6) mající vliv na počet obyvatel převyšující stanovenou limitní

hranici EO a jedná se o nezbytnou službu poskytovanou obyvatelstvu (viz Maslow, 1943; Rakowski, 2008).

- **Regionální klíčová infrastruktura** tvoří třetí skupinu prvků, přičemž se může jednat o objekty, které mohou za určitých okolností ohrozit fungování regionální kritické infrastruktury. Jedná se o „neživotně“ důležité prvky regionu (obdobně lze nalézt v Luiijf et al., 2003a), které doplňují funkci infrastruktury (viz Securing Critical Infrastructures, 2015). Z hlediska ochrany poté tyto prvky budou mít prioritu nižší, nežli je tomu u „regionální kritické infrastruktury“ (stupeň 2). Může se jednat například o takové prvky, u nichž by došlo v rámci vyjádření vlivu výpadku funkce k „hraničnímu přetížení“ části nebo celé infrastruktury (viz kvalitativní vyjádření u kroku 6) mající vliv na počet obyvatel převyšující stanovenou limitní hranici EO a jedná se o nezbytnou službu poskytovanou obyvatelstvu (viz Maslow, 1943; Rakowski, 2008).
- **Nezařazené prvky** jsou skupinou tvořenou takovými prvky, u nichž by došlo v rámci kvalitativního vyjádření vlivu výpadku funkce prvku k „následku bez negativního vlivu“ na infrastrukturu či společnost.

Při klasifikaci prvků je však nutno brát v úvahu všechny související záležitosti a také je nutno zohledňovat vzájemné závislosti prvků a závislosti infrastruktury a společnosti. Navržená škála pro klasifikaci může být upravena dle požadavků a rozhodnutí odpovědných orgánů. Výstupem tohoto kroku by měl být seznam klasifikovaných (hodnocených) prvků roztríděný do navržených kategorií. Jedná se o seznam, který je pouze návrhem na zařazení. V rámci posledního kroku procesu může být seznam prvků ještě rozšířen nebo redukován na základě preferencí zainteresovaných stran.

Určení prvků infrastruktury je posledním krokem navrhovaného procesu. Jedná se o závěrečné rozhodnutí. Vstupní údaje tvoří seznam klasifikovaných (hodnocených) prvků a zároveň i preference jednotlivých stakeholderů. Prvky navržené v rámci klasifikační škály by měly být podrobeny závěrečné diskusi. Problematika preferencí by měla být jedním ze základních bodů zmíněné diskuse a jejím výstupem by měl být konsenzus odpovědných orgánů a stakeholderů (zainteresovaných stran). Některé prvky mohou být ze strany stakeholderů shledávány taktéž jako důležité pro fungování celého regionu. Na základě konsenzu je možné do seznamu klasifikovaných prvků doplnit prvky další, a to na základě zmiňovaných preferencí stakeholderů.

Východiskem k prioritizaci opatření pro následující ochranu prvků regionální infrastruktury (viz podkapitola 6.1) může být klasifikace prvků do skupiny se stupněm 1. Tento stupeň je možno označit jako přímou závislost (viz také Luiijf, 2003a) výpadku funkce prvku a výpadku dostupnosti služby v rámci regionu. Naopak klasifikaci objektu do skupiny se stupněm 2 je možno označit jako

nepřímou závislost (viz také Luiijf, 2003a). Klasifikace objektu do skupiny „nezařazené“ znamená, že za současných podmínek nastavených pro určení „regionální kritické infrastruktury“ a „regionální klíčové infrastruktury“ existují v rámci regionu takové prvky, na něž je třeba primárně (a sekundárně) zaměřit ochranu. Není však vyloučeno dodatečné určení prvků z této skupiny při využití preferencí stakeholderů.

Implementaci preferencí je možné provést například přímým určením určitých regionálních subjektů, které odpovědný orgán shledává jako velice významné (nebo dokonce „kritické“) pro zachování funkcí příslušného území. Na základě zkušeností ze zahraničí (např. CDEM Act, 2012) je tento přístup funkční, a dokonce tak bývají přímo určovány některé objekty nebo jejich vlastníci (subjekty). Obdobně by zde bylo možno zařadit objekty např. vysokého kulturního významu (obdobně jako tzv. „Assets“ v CDEM Act, 2012). V navrhovaném procesu by tak mohly být přímo určovány prvky spadající do kategorie „regionální kritická infrastruktura regionu“ nebo objekty do kategorie „regionální klíčová infrastruktura“. Z hlediska logiky není možné navrhovat přímé určení některých prvků do „zvláštní kategorie“ a mezi „nezařazené prvky“.

Na základě rozhodnutí odpovědných orgánů by měla být určena „regionální kritická infrastruktura“ a „regionální klíčová infrastruktura“. Výstupem tohoto kroku (a zároveň i celého procesu) je tedy seznam prvků a subjektů zařazených mezi zmíněné dvě skupiny infrastruktury.

Zpětná vazba: přezkum a monitorování jsou plnohodnotnou částí procesu. Zpětná vazba (Ramprasad, 1983) může zpětně ovlivňovat jednotlivé kroky procesu. Zpětná vazba může působit kladně a tehdy bude využita pro zkvalitnění procesu – validace kroků a jejich výsledků, ev. výsledků procesu. Naopak záporná zpětná vazba může v případě výskytu nepravdivosti (výchyly) působit proti této a pomoci takovou nepravdivost potlačit. V obou případech se jedná o zkvalitnění celého procesu.

Monitorování by mělo být prováděno nejlépe u každého kroku, a to dle nastavených pravidel. Zároveň by měl být přikládán důraz na neopomíjení plynulosti celého procesu a jeho účelnosti, tzn. mělo by dojít k napravení nepravdivostí. Obdobně je třeba vnímat určité zpoždění ukazatelů účinnosti zpětné vazby. Zpětná vazba jako součást dynamického procesu může způsobit (Ramprasad, 1983), že požadované změny se v rámci celého procesu mohou projevit až s určitým zpožděním. Monitorování a přezkum je vhodné zaměřit na funkci a úplnost předcházejících řešení, tedy zda byly analyzovány všechny prvky, které mohou být z hlediska zachování funkce infrastruktury stěžejní (Luiijf, 2003b). Pro tento účel je vhodné navrhnout metriky pro kontrolu jednotlivých částí systémového řešení. Pravidelná kontrola průběhu procesu a jeho přezkoumávání je nezbytné pro udržení kvality procesu a mělo by být prováděno

s určitou pravidelností. Součástí této části procesu by mělo být také (ČSN ISO 31000:2009) zjišťování účinnosti celého procesu, analyzování procesu za účelem jeho budoucího zlepšování a případná implementace nových přístupů.

Komunikace mezi zainteresovanými stranami je základním kamenem celého procesu. Komunikace by měla probíhat v průběhu celého procesu (ČSN ISO 31000:2009). Komunikace by se měla zaměřovat také na účinné konzultace vždy s cílem zvýšit kvalitu procesu samotného. Vždy je důležité, aby všichni účastníci procesu jasně porozuměli rozhodnutím odpovědných orgánů nebo naopak odpovědné orgány porozuměly důvodu a výstupům analytické práce. Účelem komunikace je také zajištění implementace preference stakeholderů, a to nejen při fázi určování, ale také v průběhu celého procesu. Zainteresované strany vnímají problematiku vždy ze svého úhlu pohledu, a proto je důležité konzultovat a komunikovat navzájem o jednotlivých krocích. Názory zainteresovaných stran mohou mít zásadní dopad na konečná rozhodnutí odpovědných orgánů.

Uvědomění si důležitosti komunikace s následnou implementací názorů skupin zainteresovaných aktérů, stejně tak jako jejich spolupodílení se a chuť zapojit se do procesu, může být napříč celým procesem spatřováno jako tzv. *governance*²⁷ (jedná se o aplikaci Sendai Framework, 2015). Komunikace tak přispívá k budování důvěry mezi partnery (mezi zainteresovanými stranami) a celkově ke zkvalitnění výsledků a procesu samotného.

6.3 Příklad praktické aplikace systému určování prvků kritické infrastruktury progresivním přístupem

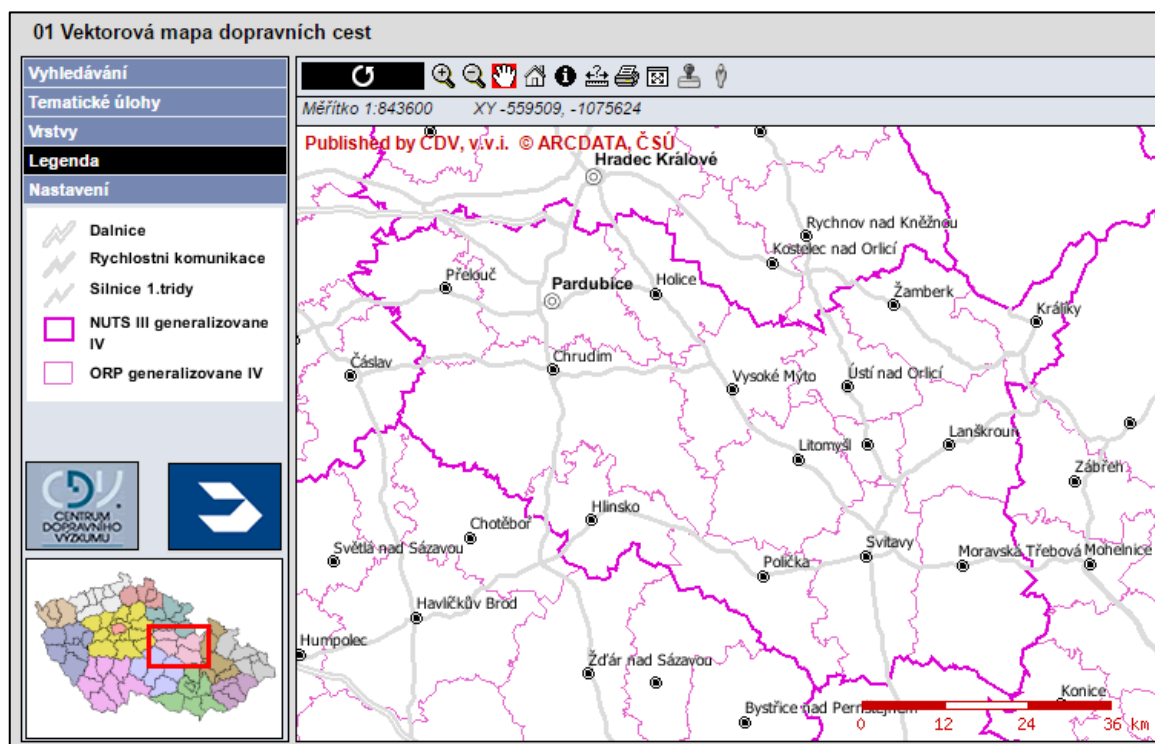
Vzhledem k tomu, že konzervativní přístup byl demonstrován prakticky na základě využití dat Českého statistického úřadu, jeví se jako vhodné provést také praktickou aplikaci progresivního přístupu. Návrh progresivního systému určování regionální kritické infrastruktury byl na základě omezení práce prakticky aplikován pro vybraný kraj. Zároveň bylo jako částí systému využito pododvětví kritické infrastruktury, přičemž se jedná o silniční dopravu.

Silniční doprava jako část technické infrastruktury společnosti a Pardubický kraj reprezentující systém společnosti souhrnně posloužili jako základ pro praktickou aplikaci (viz obrázek 26). Podklady pro provedení praktické aplikace bylo Celostátní sčítání dopravy²⁸, jehož výsledky zveřejnilo Ředitelství silnic a dálnic

²⁷ Více informací lze nalézt na webu International Risk Governance Council: <https://www.irgc.org/risk-governance/what-is-risk-governance/>

²⁸ V průběhu celostátního sčítání dopravy v roce 2016 byly měřeny průměry denních intenzit dopravy na sčítacích úsecích dálnic, silnic 1. třídy, vybrané síti silnic 2. třídy, vybrané síti silnic 3. třídy a síti místních komunikací u měst, která se zapojila do procesu celostátního sčítání dopravy 2016. Informace jsou dostupné na adrese: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/Scitani-dopravy>

České republiky (2016) a Portál Ministerstva dopravy České republiky (2017) prostřednictvím jednotné vektorové dopravní mapy, na jejíž tvorbě se podílelo také Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. Zároveň byla využita podkladová data z GIS krizového plánu Ministerstva životního prostředí České republiky (ČÚZK, 2017; ZABAGED, 2017). Některé části praktické aplikace byly zpracovány v prostředí ArcGIS 10.3.1 (ArcGIS ArcMap) a dále bylo ke zpracování využito prostředí Microsoft Excel.



Obrázek 26: Zobrazení řešené oblasti (Ministerstvo dopravy České republiky, 2017)

V následujícím textu je provedena samotná validace navrženého progresivního přístupu, a to formou čtyř navazujících fází.

1. Fáze procesu: Deskripce systému

Stanovení základních pravidel, kontextu a hranic systému je prvním krokem aplikace celého procesu. Účelem procesu je určení regionální kritické infrastruktury způsobem, jež zohledňuje požadavky zainteresovaných stran. Mezi tyto lze zařadit zejména (Sendai Framework, 2015):

- veřejnoprávní instituce různého charakteru (viz podkapitola 6.2.1),
- bezpečnostní složky,
- přizvané odborníky,
- příslušné vlastníky nebo provozovatele,
- neziskové organizace a zájmová uskupení.

V rámci celého procesu by měla probíhat důsledná komunikace mezi všemi zainteresovanými stranami s cílem nalézt konsenzus. Části procesu, jež jsou

orientovány na analytickou práci, by měly probíhat v rámci spolupráce. Části zaměřené na rozhodování by měly náležet v gesci odpovědných orgánů, tzn. veřejnoprávních institucí či odpovědných orgánů vlastníků nebo provozovatelů (či vzájemném konsenzu). Základním předpokladem pro rozhodování je však respektování názorů a požadavků zainteresovaných stran. Neziskové organizace a zájmová uskupení mohou v rámci celého procesu plnit roli kontrolních orgánů a eventuálně přezkoumávat provádění příslušných částí procesu.

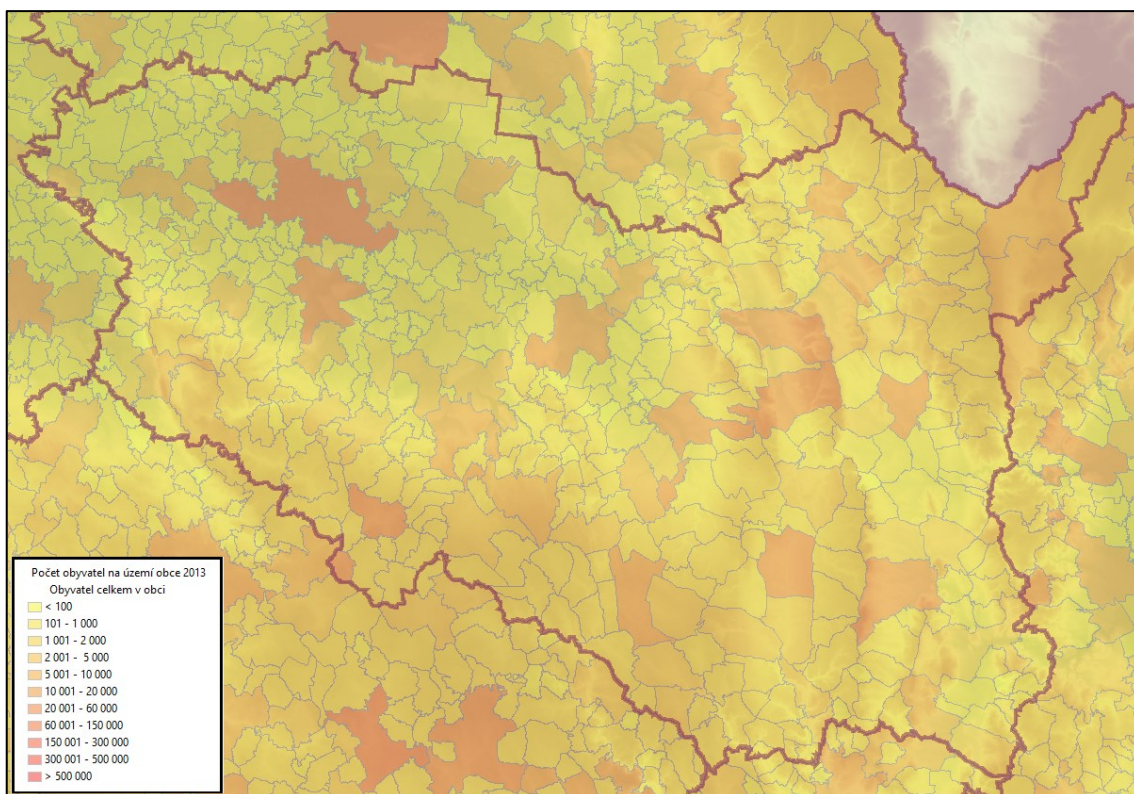
Hranice řešeného systému jsou vymezeny hranicemi správního obvodu řešeného kraje. Obdobně byly v systému GIS vymezeny úseky dálnic a silnic náležících do příslušného kraje. Řešeným odvětvím je silniční doprava, avšak bude samozřejmě uvažováno s možnými vazbami na další odvětví a možnými vazbami na společnost.

Dekompozice systému je provedena na dvě části, kterými jsou silniční infrastruktura a společnost. Silniční infrastruktura zabezpečuje mnoho úloh pro bezchybné fungování společnosti. Může se jednat např. o zásobování potravinami, léčivými, spotřebními komoditami, přepravu osob apod. Silniční infrastruktura může být ovlivňována jinými odvětvími (např. výpadek světelné signalizace při výpadku dodávek elektrické energie) nebo může ovlivňovat další odvětví (např. využívání alternativního druhu dopravy apod.). Zmíněné vazby na společnost mají zásadní roli při posuzování vlivu výpadku silniční infrastruktury na společnost.

Základní informace o infrastruktuře tvoří:

- typ komunikace (dálnice, silnice 1. třídy, silnice 2. třídy, silnice 3. třídy, místní komunikace);
- číslo úseku (jednoznačná identifikace v rámci silniční infrastruktury celé České republiky);
- intenzita provozu (všechna motorová vozidla, těžká nákladní vozidla);
- zájmové stavby (mosty a tunely).

Základní informace o společnosti je možno čerpat z různých zdrojů, např. Český statistický úřad, kde je možno nalézt informace o věku a složení obyvatelstva. Z hlediska řešené problematiky je však nejdůležitější informací počet obyvatel na území obcí v kraji (Ministerstvo životního prostředí, 2016), neboť s přibývajícím počtem obyvatel se více koncentrují nároky na zachování funkčnosti dodávky služeb obyvatelstvu, a tedy i na zachování funkčnosti silniční infrastruktury (viz obrázek 27).



Obrázek 27: Znáznornění počtu obyvatel na území obcí v řešeném kraji (ČÚZK, 2017; ZABAGED, 2017)

2. Fáze procesu: Identifikace prvků

Předběžná analýza je krok procesu zaměřený na identifikaci potřeb obyvatelstva a sestavení souhrnného seznamu prvků infrastruktury. Z hlediska prováděné aplikace je možné předpokládat vztah řešeného odvětví (tedy silniční infrastruktury) a následujících základních potřeb obyvatelstva (Rakowski, 2008):

- biologické fyzické potřeby (vztah zejména na oblasti: zásobování potravinami, léčivý, zdravotnictví).
- potřeba bezpečí a jistoty (vztah zejména na oblast: bezpečnostních složek, dodávek elektrické energie).

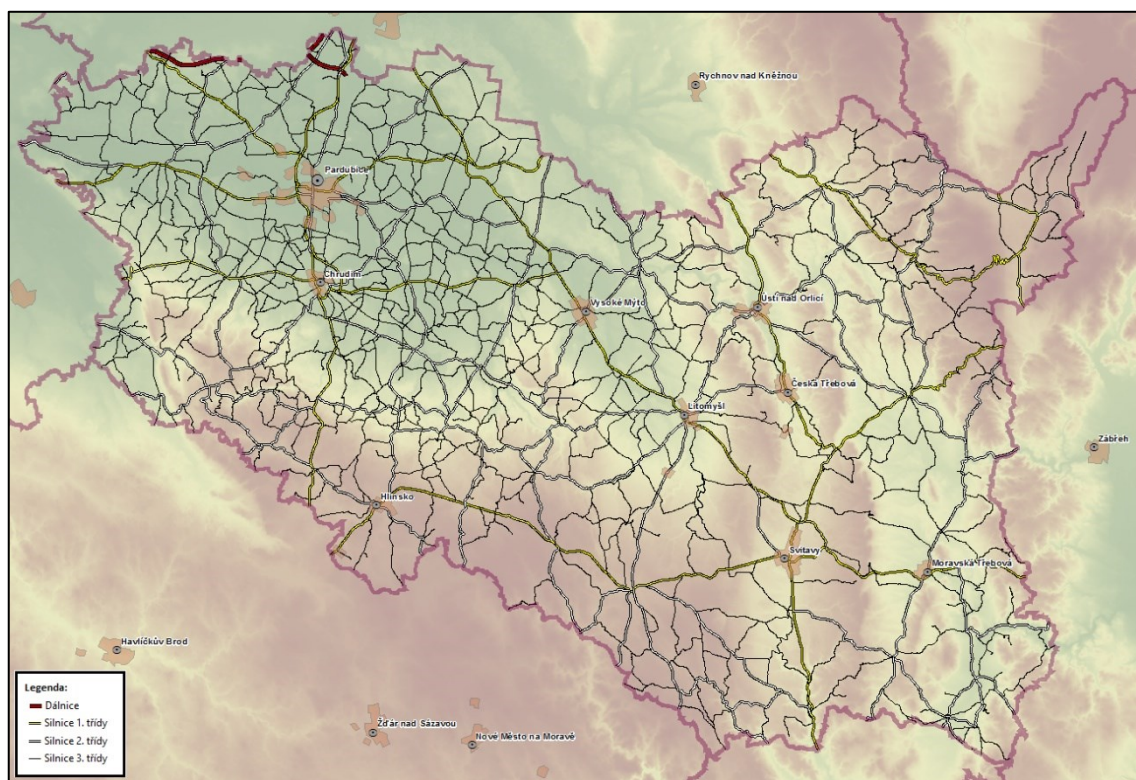
Základem pro sestavení souhrnného seznamu prvků infrastruktury je implementace výsledků sčítání dopravy (Ředitelství silnic a dálnic, 2016). V tomto případě sčítání dopravy nahrazuje provedení předběžné analýzy, neboť jeho obsahem je identifikování jednotlivých úseků silniční sítě a přiřazení určitých hodnot těmto úsekům. Zároveň slouží jako doplněk podkladové vrstvy z geografického informačního systému obsahující údaje o tunelech a mostech.

Tímto způsobem **bylo identifikováno celkem 539 posuzovaných úseků a celkem 1055 zájmových staveb** v rámci Pardubického kraje. Z důvodu obsáhlosti podkladových dat nejsou tato data součástí práce, avšak informace je možno nalézt na uvedeném odkazu (viz Ředitelství silnic a dálnic České republiky, 2016).

Přijmutí omezení pro detailní analýzu je krokem navazujícím, na jehož obsahu by se měly zainteresované strany dohodnout, avšak přijmutí rozhodnutí náleží odpovědné veřejnoprávní instituci či odpovědnému orgánu vlastníka nebo provozovatele (či jejich vzájemném konsenzu). V tomto případě by se mělo jednat o odpovědný orgán krajského úřadu v případě veřejného sektoru, tedy např. radě kraje nebo zastupitelstvu kraje, nebo o odpovědný orgán vlastníka nebo provozovatele silniční infrastruktury v případě veřejného sektoru (či vzájemném konsenzu).

Z hlediska přijmutí omezení je možné předpokládat následující fakt: jestliže je řešen výpadek funkce části silniční infrastruktury na území kraje, budou pro řešení tohoto problému mnohem důležitější komunikace s vyšší významností pro propojení částí kraje, nebo nejlépe protínající celý kraj.

Na základě toho **je možné přijmout následující omezení**: pro detailní analýzu bude uvažováno pouze s komunikacemi umožňujícími propojení kraje. Mezi takové komunikace nemohou patřit místní komunikace (Zákon 13, 1997). Navíc se jedná o komunikace, které mají ve správě obce, nikoliv kraje. Silniční síť vybraná pro detailní analýzu je prezentována na obrázku 28.



Obrázek 28: Infrastruktura silniční sítě vybraná pro detailní analýzu (Ministerstvo životního prostředí, 2016)

Výstupem z tohoto kroku procesu bude mimo výše zmíněný seznam identifikovaných potřeb obyvatelstva také **seznam identifikovaných prvků infrastruktury, který obsahuje celkem 500 posuzovaných úseků a celkem**

691 zájmových staveb v rámci Pardubického kraje. Z důvodu obsáhlosti dat je v tabulce 9 uveden pouze základní přehled.

Tabulka 9: Přehled počtu posuzovaných úseků a zájmových staveb v Pardubickém kraji (Ředitelství silnic a dálnic České republiky, 2016)

Typ komunikace	Posuzovaných úseků	Zájmové stavby, typ
Dálnice	3	12 x most
Silnice 1. třídy	175	207 x most, 1 x tunel
Silnice 2. třídy	249*	274 x most, 1 x tunel
Silnice 3. třídy	73*	198 x most
<i>Celkem</i>	<i>500*</i>	<i>691</i>

Poznámka: Je-li uveden u posuzovaného úseku znak (*), jedná se o vybranou síť.

Na základě přijmutí omezení pro důkladnou analýzu došlo k redukci následně posuzovaných informací a dat, jež zjednoduší provedení následujících kroků.

3. Fáze procesu: Analýza prvků

Aplikace kritérií vychází z provedené dekompozice systému. Na základě popsaného rozdělení na kvalitativní a kvantitativní část kritérií (viz podkapitola 6.2.3) byla fáze analýzy rozdělena do dvou částí. Kvalitativní část kritérií je zaměřena zejména na posuzované odvětví a poté na celý systém. Kvantitativní část kritérií je poté zaměřena na následek výpadku dodávané služby na obyvatelstvo.

Posouzení vlivu výpadku funkce prvku je aplikací první části kritérií, která budou aplikována na infrastrukturu silniční sítě vyobrazené na obrázku 28. Za účelem provedení posouzení vlivu výpadku funkce prvku na systém silniční infrastruktury je možné využít modifikovanou metodu kritické cesty (Chanas a Zielinski, 2001) a základy síťové analýzy (Gao et al., 2016).

Na základě aplikace modifikované metody kritické cesty je možné si představit křížení komunikací jako uzly a úseky silnic jako spojnice. Takto provedenou aplikaci je třeba ještě doplnit o základní poznatky o sítích. Konkrétně se jedná o posouzení hustoty a heterogenity sítě (viz podkapitola 5.2.4). Na základě těchto vstupních parametrů je možné konstatovat následující:

- Řešená infrastruktura silniční sítě je z hlediska hustoty sítě dálnic a silnic 1. třídy spíše řídká (Gao et al., 2016), tzn. mezi některými uzly existuje zpravidla jen jediné spojení a některé uzly tvoří větší nenahraditelná centra (uzly s více vazbami).
- Řešená infrastruktura silniční sítě je z hlediska hustoty sítě silnic 2. třídy velmi hustá (Gao et al., 2016), tzn. mezi uzly existuje několik možných variant spojení.
- Řešená infrastruktura silniční sítě z hlediska hustoty sítě silnic 3. třídy tvoří nesouvislou síť a části sítě jsou složeny z malých ostrovních (izolovaných)

systémů (Barabási, 2005; Setola et al., 2017). Tento fakt je však logický, neboť silnice 3. třídy tvoří doplněk silnic 2. a 1. třídy. Následné provedení síťové analýzy v případě ostrovních systému silnic 3. třídy bude vždy se stejným výsledkem (Gao et al., 2016; Setola et al., 2017).

Metodou kritické cesty je možné identifikovat v sítích jednotlivých typů silnic místa vysokého významu. Bude se jednat o křížení silnic příslušné třídy nebo o zmiňované „uzly“. Seznam identifikovaných prvků byl na základě výše zmíněného doplněn u zmiňovaných uzlů o význam v rámci systému a byla vždy zvolena jedna z následujících možností:

- Vliv výpadku funkce prvku na celý systém silniční sítě v řešeném kraji. Neexistuje objízdna trasa po stejném typu komunikace v řešeném kraji.
- Vliv výpadku funkce prvku na část systému (tj. hraniční zatížení části kraje) v řešeném kraji. Pro řešení existuje objízdna trasa po stejném typu komunikace.
- Bez negativního vlivu výpadku na systém nebo jeho část v řešeném kraji.

Výtah z celé sady seznamu identifikovaných prvků je prezentován v tabulce 10. Počet uzlů je rozdělen dle typu komunikace a jeho vlivu na posuzovaný systém.

Tabulka 10: Sumarizace výsledků provedené síťové analýzy pro uzly

Typ komunikace	Vliv na celý systém	Vliv na část systému	Bez neg. vlivu
Dálnice	3	0	0
Silnice 1. třídy	3	6	2
Silnice 2. třídy	0	18	15
Silnice 3. třídy	0	0	323

Obdobným způsobem je možno hodnotit vliv výpadku funkce zájmových staveb, tzn. mostů a tunelů, kdy dojde v uvažovaném úseku k selhání funkce takové stavby a k přerušení dopravy v takovém úseku. Výtah z provedeního posouzení vlivu výpadku funkce prvku (z celé sady identifikovaných prvků) je pro zájmové stavby proveden v tabulce 11. Počet zájmových staveb je rozdělen dle typu komunikace a vlivu stavby na posuzovaný systém.

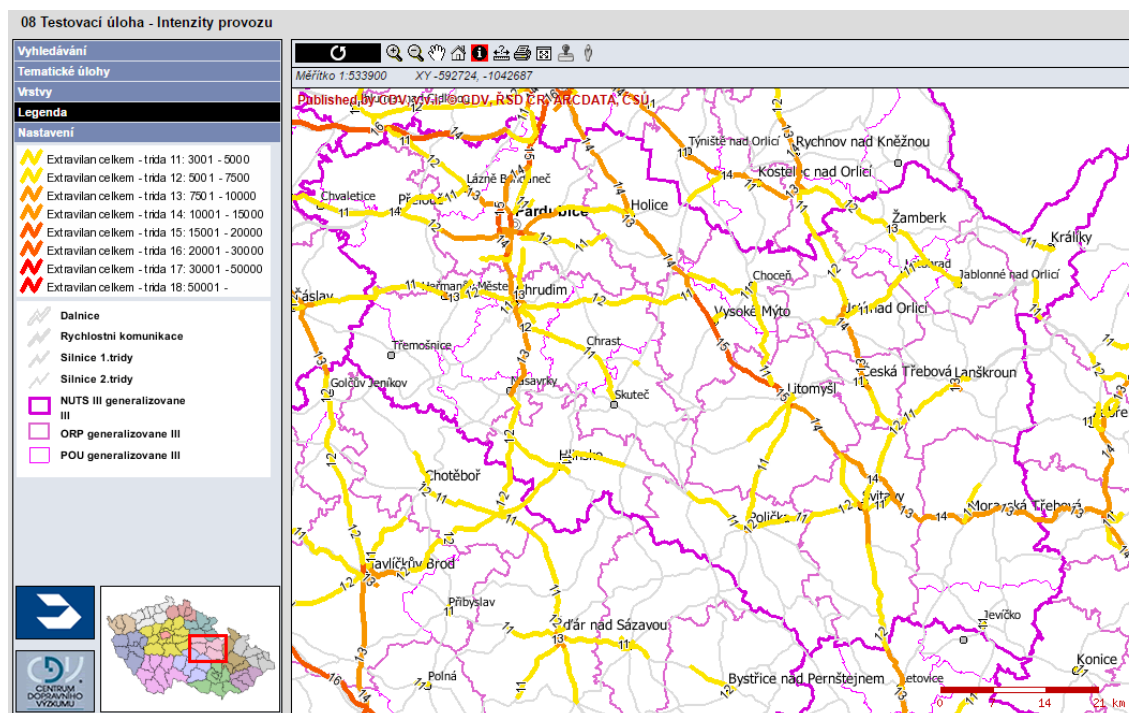
Tabulka 11: Sumarizace výsledků provedené síťové analýzy pro zájmové stavby

Typ komunikace	Vliv na celý systém	Vliv na část systému	Bez neg. vlivu
Dálnice	12	0	0
Silnice 1. třídy	24	155	29
Silnice 2. třídy	0	101	177
Silnice 3. třídy	0	64	127

Jelikož v kraji leží pouze určité úseky dálnice, výpadek funkce těchto úseků bude mít vždy vliv na systém dálnic v kraji. Z hlediska silnic 1. třídy se jedná pouze

o vybrané úseky. Vliv na celý systém se týká zájmových staveb na vybraných úsecích silnic I/35 a I/43. Vliv na část systému poté zejména zájmových staveb na úsecích silnic, jež tvoří spojení s nejbližším uzlem v kraji až po hranice Pardubického kraje. Bez negativního vlivu naopak zájmové stavby zejména na úsecích mezi vytypovanými uzly, pro něž existuje jedna nebo více objízdných tras. Obdobné zákonitosti je možné pozorovat na zájmových stavbách na systému silnic 2. třídy, a to u vlivu výpadku funkce (narušení) stavby na část systému a bez negativního vlivu na systém. Žádná zájmová stavba ze silnic 2. třídy nebude mít při jejím narušení vliv na celý systém. Jak již bylo zmíněno, silnice 3. třídy budou v některých případech fungovat jako ostrovní systém. Na systém silnic 3. třídy v Pardubickém kraji může tedy narušení zájmové stavby na úseku silnice 3. třídy mít částečný vliv nebo zcela bez negativního vlivu.

Vyjádření populačního ekvivalentu slouží k vymezení vlivu výpadku funkce určitého úseku silniční infrastruktury. Jako vyjádření ekvivalentu obyvatelstva bylo využito výsledků celostátního sčítání dopravy v roce 2016 (Ministerstvo dopravy České republiky, 2017) a jeho výsledky jsou pro řešené území graficky znázorněny na obrázku 29.



Obrázek 29: Grafické znázornění výsledků Celostátního sčítání dopravy 2016 pro řešené území

Vzhledem k obsáhlosti dat ze sčítání dopravy je uveden v tabulce 12 pouze základní přehled počtu vozidel za 24 hodin pro každý typ silnice, a to pro všechna vozidla a poté zvlášť pro těžká nákladní vozidla (vyznačeno kurzívou).

Tabulka 12: Výťah z údajů Celostátního sčítání vozidel 2016 relevantní pro Pardubický kraj

Typ komunikace	Maximum	Minimum	Medián
Dálnice	21 347	6 715	14 592
	4 397	250	3 022
Silnice 1. třídy	30 195	980	8 672
	7430	108	1510
Silnice 2. třídy	25 539	500	2 468
	1 772	23	267
Silnice 3. třídy	16 074	350	1 946
	1 437	21	139

Počet obyvatel, který bude přímo dotčen výpadkem úseku příslušné komunikace, lze primárně odvodit jako počet osob, jež nebudou moci primárně využít příslušný úsek komunikace. Sekundárně lze odvodit i následky na další část obyvatelstva, např. výpadek zásobování s následným vlivem na obyvatelstvo. Takové následky lze určit jen obtížně. Z toho důvodu je výpočet ekvivalentu obyvatelstva zaměřen pouze na počet osob, jež nevyužijí komunikaci, ať již za jakýmkoliv účelem.

Zmiňovaný počet obyvatel lze odvodit nejen od počtu vozidel, která využila úsek komunikace, ale také od průměrné obsazenosti těchto vozidel, a to dle vzorce 10:

$$EO_i = SV_i \cdot O_{DPj} \quad (10)$$

kde EO_i = ekvivalent obyvatelstva, jež nemůže využít k dopravě i-tého úseku [osob ve vozidlech]; SV_i = součet vozidel i-tého úseku za 24 hodin [kusů vozidel]; O_{DPj} = počet osob v dopravním prostředku v j-tém intervalu pro den v týdnu [osob].

Hodnoty SV_i odpovídají naměřeným hodnotám z Celostátního sčítání dopravy 2016 a hodnoty pro O_{DPj} lze nalézt na základě vypracované studie (SBP Consult). Hodnoty pro počet osob v dopravním prostředku kolísají v rozmezí 1,3 až 2,0 osob v pracovní dny a v rozmezí 1,9 až 2,6 osob o víkendu. Vzhledem k tomu, že výsledky Celostátního sčítání dopravy 2016 pracují primárně s hodnotami pro pracovní den, byl průměrný počet osob v dopravním prostředku stanoven na 1,65 osob na všechny dopravní prostředky, přičemž po zvážení zastoupení nákladních vozidel se jeví jako vhodnější hodnota 1,5 osob na dopravní prostředek. Ukázka přepočtu populačního ekvivalentu na části dat je prezentována v tabulce 13.

Tabulka 13: Ukázka vyjádření populačního ekvivalentu na vybrané části dat

Typ komunikace	Maximum	Minimum	Medián
Dálnice	32 021	10 073	21 888
Silnice 1. třídy	45 293	1 470	13 008
Silnice 2. třídy	38 309	750	3 702
Silnice 3. třídy	24 111	525	2 919

Přepočtený počet obyvatel se vždy vztahuje k určitému úseku komunikace. Na základě prezentování dat v tabulce 13 je zřejmé, že maximálního ekvivalentního počtu obyvatel dosahuje úsek silnice 1. třídy, avšak nejvyššího mediánu přepočteného počtu ekvivalentních obyvatel dosahuje naopak úsek dálnice.

Rozhodnutí o výši limitní hranice EO navazuje na předchozí krok a měl by být proveden odpovědným orgánem. Je možné předpokládat, že odpovědný orgán se rozhodne využít přepočtené dynamické hodnoty postiženého obyvatelstva. Tato hodnota pro rok 2016 činila **6 112 obyvatel Pardubického kraje**.

Výstupem je seznam analyzovaných prvků, u nichž jsou uvedeny výstupy kvantitativního a kvalitativního hodnocení. Prezentace malé části seznamu je pro dálnice uvedena v tabulce 14.

Tabulka 14: Část seznamu analyzovaných prvků s uvedením výstupů z kvantitativního a kvalitativního hodnocení

Kraj	Silnice	Typ	Úsek	Začátek úseku	Konec úseku	SV	TNV	VCS	ZO	EO
CZ053	D11	D	5-8390	Chýšť	Pravy	21347	4397	1	4	32021
CZ053	D35	D	5-7038	vyús.z D11 - hr. kr.	x s 37 a zaús. 324 (Opatovice)	14592	3022	1	4	21888
CZ053	D11	D	5-8410	Sedlice	Kukleny	6715	250	1	3	10073

Poznámka: SV – Součet vozidel; TNV – Těžká nákladní vozidla; VCS – Vliv na celý systém; ZO – Zájmové objekty; EO – Ekvivalent obyvatelstva.

Takto vypracovaný seznam je poté předán odpovědným orgánům za účelem provedení klasifikace prvků. Následující kroky jsou prováděny odpovědnými orgány, a proto je v následujícím textu uveden pouze předpoklad možných rozhodnutí

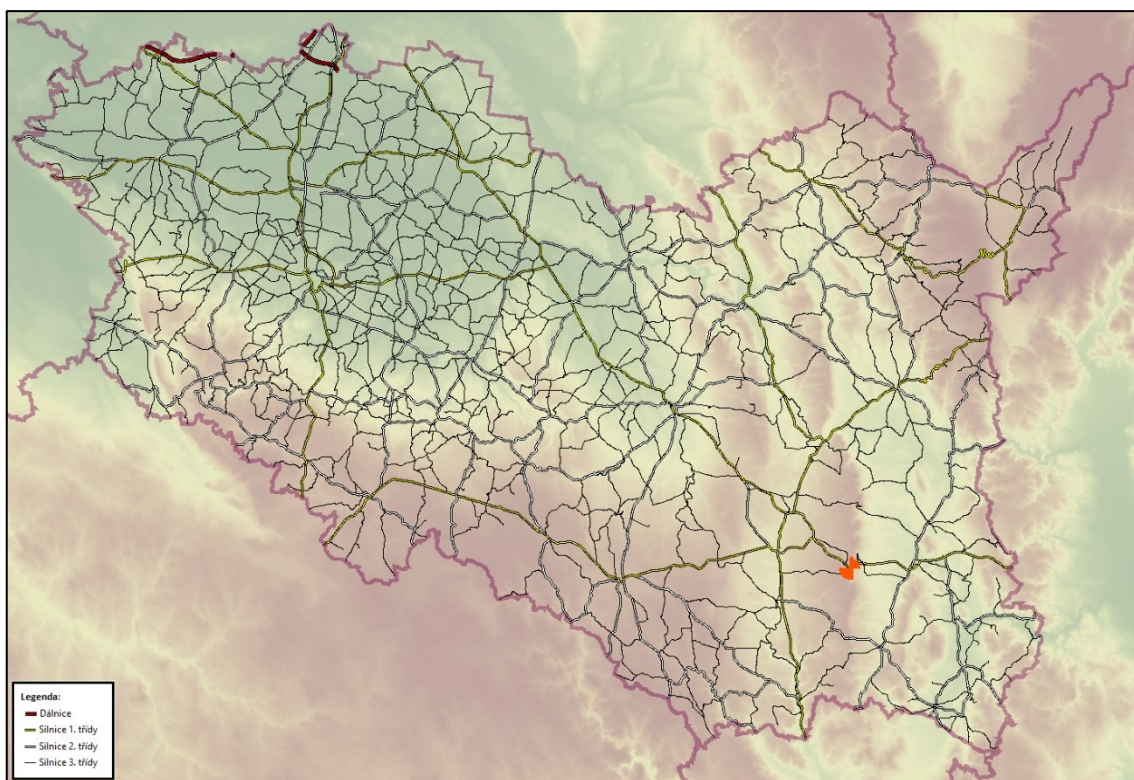
Klasifikace prvků infrastruktury znamená pro odpovědný orgán rozhodnout o zařazení všech prvků do navržených kategorií (zvláštní úroveň, regionální kritická infrastruktura, regionální klíčová infrastruktura, nezařazené prvky). Lze předpokládat následující rozdělení:

- **Zvláštní úroveň** obsahující prvky, jež jsou navrhovány na určení národní kritické infrastruktury. Mělo by se jednat o takové prvky, jež mohou znemožnit funkci silniční infrastruktury pro úroveň vyšší než kraj. Jako vhodný se jeví návrh úseků dálnic a jedné národně významné stavby na území Pardubického kraje, a tedy Tunelu Hřebeč. Zdůvodněním může být fakt, že dálnice slouží zejména (Zákon 13, 1997) k tranzitní dopravě mezi státy a jejich částmi. Obdobně i tunel Hřebeč tvoří významnou překážku na národní tranzitní trase. Objízdne trasy tunelu nejsou schopny zajistit odpovídající propustnost pro přepravní kapacitu.

- **Regionální kritická infrastruktura** obsahuje prvky, jež není možno nahradit, či na území kraje zajistit odpovídající přepravní kapacitu. Jedná se o komunikace, jejichž nemožnost využití by znemožňovala dopravu v kraji. Obdobně je možné navrhnout zájmové stavby, jejichž obnova by byla velice obtížná. Zejména se může jednat o jeden tunel a dále mosty nacházející se ve většině případů na nejvytíženějších trasách a také na vytížených trasách větších měst kraje. Dále se může jednat o nejvytíženější křížení silnic 1. třídy.
- **Regionální klíčová infrastruktura** naopak tvoří skupinu prvků, jež mohou být klíčové pro zachování funkce silniční infrastruktury. Zde je možné zohledňovat například požadavky na objízdné trasy apod. Některé úseky mohou být vystaveny hraničnímu zatížení a následně může dojít ke kolapsu celé infrastruktury nebo systému. Může se jednat například o některé prvky s částečným vlivem na posuzovaný systém. Je třeba kolektivně zvažovat možnosti a účelnost určování.
- **Nezařazené prvky** mohou tvořit třeba i podstatnou část všech prvků infrastruktury, avšak nelze konstatovat, že jejich nezařazení může snižovat jejich důležitost v rámci posuzovaného systému.

Rozdělení by mělo být realizováno formou holistického myšlení. Lze postupovat například v seznamu analyzovaných prvků sestupně dle ekvivalentu obyvatelstva. Při tomto postupu je třeba také zohledňovat významnost prvku pro celou infrastrukturu a systém. Po výběru všech prvků zvláštní úroveň by měl následovat výběr prvků regionální kritické infrastruktury a postupně i zbylých dvou skupin prvků.

Určení prvků infrastruktury tvoří poslední krok celého procesu a zároveň i poslední krok určený pro odpovědné orgány. Je možné předpokládat, že odpovědný orgán rozhodne o předání seznamu prvků „zvláštní úroveň“ na úroveň národní. Nebude-li rozhodnuto o jejich zařazení do národní kritické infrastruktury, lze předpokládat zařazení takových prvků mezi „regionální kritickou infrastrukturu“. Na základě provedené aplikace navrženého procesu je možné vyobrazit prvky navrhované k určení na „zvláštní úroveň“ kritické infrastruktury (viz obrázek 30).



Obrázek 30: Vyobrazení prvků „zvláštní úrovně“ na mapě silniční infrastruktury kraje

Z hlediska přehlednosti byly záměrně vyobrazeny prvky navržené do „zvláštní úrovně“, neboť navržení prvků do jiné skupiny by z důvodu značné obsáhlosti dat znemožňovalo jejich souhrnné zobrazení.

Do procesu zároveň mohou vstoupit preference stakeholderů, pokud shledávají ze svého úhlu pohledu nějaké prvky natolik důležitými, že by měly být určeny jako regionální kritická či klíčová infrastruktura. Odpovědné orgány poté rozhodnou o vyhovění požadavkům či nikoliv.

Určení prvků „regionální kritické infrastruktury“ a „regionální klíčové infrastruktury“ by mohlo být provedeno v případě veřejného sektoru vydáním právního aktu (předpisu, nařízení apod.) souhrnně pro celý systém infrastruktury řešeného regionu. V případě soukromého sektoru by se nejspíše jednalo přístup v rámci jediného odvětví kritické infrastruktury, přičemž výsledky lze využít nejen pro sektor soukromý, ale i pro sektor veřejný. Určení prvků by mělo být vždy prováděno orgánem odpovědným za provádění rozhodnutí.

6.4 Shrnutí a diskuse

Návrh systému určování subjektů a prvků regionální kritické infrastruktury nabízí uživateli možnost volby ze dvou přístupů. Rozhodnutí o výběru přístupu by mělo reflektovat požadavky uživatele a zároveň i jeho možnosti. V každém případě však dojde k výběru jednoho z nabízených přístupů.

První přístup je koncipován jako konzervativní a jedná se o využití hodnocení způsobem „top-down“. Proces určování je odvozen od národní úrovně kritické infrastruktury. V průběhu procesu určování je třeba využít dvě sady kritérií. Průřezová kritéria jako první sada byla upravena k využití pro regionální úroveň. Odvětvová kritéria nejsou na základě omezení této práce jejím předmětem, avšak lze předpokládat, že by měla být navržena pro regionální úroveň na základě konsenzu zúčastněných stran.

Transformace průřezových kritérií pro využití u regionální kritické infrastruktury přinesla zajímavé závěry. Dynamická hodnota kritéria 1 (tedy D1) nekoresponduje s druhým kritériem, jež hodnotí vliv na hrubý domácí produkt. Při využití dynamické hodnoty D1 je dvojnásobně překročena limitní hodnota u kritéria hodnotící ztrátu na hrubém domácím produktu. Nabízí se dvě možné varianty řešení. Hodnota pro kritérium ztráty HDP kraje by mohla být dvojnásobně zvýšena na ztrátu 1 % hrubého domácího produktu kraje, nebo adekvátně snížit limitní hodnotu pro kritérium vlivu na obyvatelstvo (kritérium 1). Adekvátní snížení by na základě provedeného přepočtu mělo poté korespondovat s hodnotou 0,5 % ztráty hrubého domácího produktu kraje.

Třetí kritérium, které se týká počtu usmrcených a následně hospitalizovaných osob (kritérium 3), je třeba následně lépe specifikovat dle místních podmínek. Dynamická hodnota navržená v provedené transformaci by měla zohledňovat například počty usmrcených a hospitalizovaných osob obsažené v plánovací dokumentaci zabývající se touto problematikou. Jako příklad lze uvést traumatologický plán (Zákon 372, 2011; Zákon 374 2011), který v obecné rovině uvádí počty okolo desítky osob (ev. desítek osob). Z toho důvodu se jeví jako vhodné hodnotu kritéria 3 pro regionální úroveň uzpůsobit hodnotám obsažených zejména v plánovací dokumentaci.

Důležitým faktem však je, že transformace průřezových kritérií byla provedena dynamickým způsobem. Výchozími hodnotami pro transformaci byla průřezová kritéria národní kritické infrastruktury (Nařízení vlády 432, 2010). Výchozí hodnoty však nemají vliv na proces transformace, neboť tento je proveden obecně. Při změně výchozích hodnot (tedy při změně průřezových kritérií národní kritické infrastruktury) je možné proces transformace, nebo jeho základní filozofii, stále využít za účelem transformace hodnoty kritérií pro regionální úroveň kritické infrastruktury.

Druhý přístup je koncipován jako progresivní, hodnocení je prováděno způsobem „bottom-up“, a jedná se o využití poznatků získaných při provádění analýzy. Progresivní přístup implementuje moderní poznatky z oblasti ochrany kritické infrastruktury a zároveň se jedná o využití principů z rámce Sendai (Sendai Framework, 2015). Holistický pohled na tuto problematiku umožňuje zcela zohledňovat potřeby obyvatelstva, preference obyvatelstva, preference zainteresovaných stran a lokální podmínky řešeného regionu. Analogicky je také možné zohlednit pohled vlastníků nebo provozovatelů, což umožňuje analyzovat infrastrukturu z pohledu odběratelsko-dodavatelských vztahů.

Aplikace dvou sad kritérií (kvantitativních a kvalitativních kritérií) umožňuje provedení detailní analýzy řešeného systému. Kvalitativní kritéria mohou být vzhledem ke svému účelu také vnímána jako odvětvová kritéria. Oproti tomu může být kvantitativní kritérium chápáno jako průřezové. Po provedení analýzy je vypracován souhrnný seznam analyzovaných prvků, z něhož jsou vybírány prvky za účelem zatřídění do skupin prvků určitého typu infrastruktury. Subjekty kritické infrastruktury mohou být poté určovány automaticky jako vlastníci nebo provozovatelé, či mohou být určeni dodatečně jako aplikace preferencí zainteresovaných stran.

Využití nabízených přístupů by však mělo být jen prostředkem k vytipování infrastruktury, jež je třeba primárně chránit. Důsledkem neúplně/nesprávně prováděné ochrany kritické infrastruktury může být narušení dodávání základních služeb obyvatelstvu. Investice do ochrany kritické infrastruktury nemusí vždy představovat závratné sumy, avšak je nutno si uvědomit následující fakt: zajištění správně funkce kritické infrastruktury (a její ochrana) bude vyžadovat mnohem nižší investice, nežli její oprava či vystavení nové infrastruktury. Tento fakt koresponduje se závěry mnoha dokumentů strategického významu (např. IPCC, 2012; Sendai Framework, 2015) tedy, že investice 1 USD do preventivních opatření je rovna investici 7 USD do represivních opatření.

Návrh přístupů k určování regionální kritické infrastruktury může posloužit jako podklad k případně legislativním změn. Již ve strategických dokumentech různého charakteru (např. Sendai Framework, 2015; Bezpečnostní strategie, 2015) je více pracováno s důslednější komunikací napříč zúčastněnými stranami. Zároveň je zmiňována a doporučována jejich širší integrace do procesu spolurozhodování o otázkách bezpečnosti ve společnosti. Zejména tyto skutečnosti by bylo vhodné zohlednit při provádění legislativních změn v předmětné oblasti.

7 Závěr

Tématem disertační práce je značně složitá a komplexní problematika kritické infrastruktury. Pozornost je zaměřena zejména na systém určování kritické infrastruktury na regionální úrovni, který v současné době stále není v podmínkách České republiky realizován. Výchoziskem řešení této problematiky je premisa, že komplexní bezpečnost kritické infrastruktury vyšších úrovní lze zvýšit zajištěním bezpečnosti prvků úrovní nižších. Důvodem je fakt, že tímto zároveň dojde k systémovému zvýšení ochrany prvků úrovní vyšších. Absence průřezových kritérií krajské kritické infrastruktury pak tedy znemožňuje určení prvků kritické infrastruktury regionu. Právě pro potřeby stanovení kritické infrastruktury úrovně nižší než národní, tedy regionální kritické infrastruktury, je třeba nejprve nastavit východiska pro určování prvků této úrovně. Jedná se tedy o stanovení zejména průřezových kritérií pro krajskou kritickou infrastrukturu.

Na základě analýzy současného stavu je zřejmé, že ve světě existují a fungují systémová řešení pro kritickou infrastrukturu i na úrovni nižší než národní (např. Velká Británie, Nový Zéland). Z výsledků analýzy jednoznačně vyplývá, že přístup „bottom-up“ je možné aplikovat rovněž v České republice, avšak za podmínek reflektujících kapacity a možnosti novelizace národního systému kritické infrastruktury.

Stěžejní částí práce je návrh systému určování regionální kritické infrastruktury. Výchoziskem tohoto návrhu je rámec ochrany kritické infrastruktury, který je utvářen čtyřmi procesy: výběr přístupu, určování prvků, posuzování prvků a ochrana prvků. Samotný systém určování se sestává z návrhu dvou přístupů.

Prvním přístupem je proces určování prvků regionální kritické infrastruktury, který vychází z procesu určování prvků národní a evropské kritické infrastruktury. V tomto případě se jedná o konzervativní přístup realizovaný způsobem top-down. Pro tento přístup byla v rámci disertační práce navržena průřezová kritéria pro hodnocení prvků regionální kritické infrastruktury. Definování těchto kritérií vychází z národních průřezových kritérií a proces transformace byl proveden dynamickým způsobem.

Druhý přístup určování prvků regionální kritické infrastruktury, označovaný jako progresivní, je založen na hodnocení prvků způsobem bottom-up a možnosti implementace vlastních kritérií a preferencí. Tento přístup umožňuje přímo určovat subjekty regionální kritické infrastruktury a je určen nejen pro ně, ale také pro veřejnoprávní instituce nebo soukromý sektor na úrovni regionu. Progresivní přístup je v práci navržen jako model prezentující základní filozofii, přičemž zde existuje prostor pro detailnější rozpracování. V závěru práce je proveden příklad

praktické aplikace tohoto přístupu, která dokládá jeho využitelnost a možnosti praktického uplatnění.

Hlavním účelem využití navrženého/navržených přístupů k určování regionální kritické infrastruktury může být z hlediska veřejného sektoru zejména zajištění odpovídající úrovně bezpečnosti společnosti v řešeném regionu. Naopak z pohledu soukromého sektoru se může jednat o problematiku zachování kontinuity činností (Business Continuity), která v první řadě přináší veřejnému sektoru zisk. Jako společné hledisko lze uvést společenskou odpovědnost veřejného i soukromého sektoru na zachování funkce řešeného území.

Na základě výše uvedeného lze závěrem disertační práce prezentovat její předpokládané přínosy v oblasti teoretické, praktické, rozvoje vědního oboru a edukační. Teoretickým přínosem práce je nejen komplexní teoretický přehled řešené problematiky sloužící jako podrobný zdroj informací, ale především nadefinování regionální kritické infrastruktury a nastavení východisek systému určování prvků a subjektů kritické infrastruktury na této úrovni. Přínos pro praxi je spatřován zejména v nadefinování postupu umožňujícího určování prvků kritické infrastruktury regionální úrovně, jakož i v implementaci několika doporučení a přístupů obsažených ve strategicky významném rámci ze Sendai.

Přínos pro vědní obor lze spatřovat ve výzkumu oblasti, jenž v současné době nedisponuje dostatečným teoretickým základem, a v návrhu zcela nového progresivního přístupu určování prvků a subjektů kritické infrastruktury. Edukační přínos zahrnuje využití poznatků získaných v rámci disertační práce do výuky předmětu „Ochrana kritické infrastruktury“. Výuka může být obohacena nejen o analýzu současného stavu a konkrétní systémy pro určování prvků kritické infrastruktury fungující ve světových zemích, ale i o výsledky praktické aplikace navrhovaného systémového řešení určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury.

Bibliografické zdroje

- AAGEDAL, J.O., den BRABER, F., DIMITRAKOS, T., GRAN, B.A., RAPTIS, D., STOLEN, K. (2003). Model-based risk assessment to improve enterprise security. In International Conference on Enterprise Distributed Object Computing EDOC 2002, Volume 6, Switzerland: Lausanne. IEEE Computer Society 2003. ISBN 0-7695-1742-0.
- AELP - Auckland Engineering Lifelines Project (2014). Auckland Engineering Lifelines Group Report: Stage 2. Version 1.1, February 2014. New Zealand: Auckland Engineering Lifeline Group.
- AMIN, M. (2001). Toward self-healing energy infrastructure systems. *IEEE Computer Applications in Power*, Volume 14, Iss. 1, pp. 20-28. ISSN 0895-0156. DOI: 10.1109/67.893351
- BAGHERI, E., GHORBANI, A.A. (2010). UML-CI: A reference model for profiling critical infrastructure system. *Information System Frontiers*, Vol. 12, Issue 2, pp. 115-139. DOI: 10.1007/s10796-008-9127-y
- BARABÁSI, A.L. (2005). *V pavučině sítí*. Praha: Paseka, 274 s., 2005. ISBN 80-7185-751-3.
- BARTON, D.C., STAMBER, K.L. (2000). An agent-based microsimulation of critical infrastructure systems. Technical report, Sandia National Laboratories, Infrastructure Surety Department. United States of America: Albuquerque. July, 2000. 6 p.
- Basic Strategy of the Federal Council - Critical Infrastructure Protection: Basis for the national critical infrastructure protection strategy* (2009). Bern: Swiss Federal Council. 18.5.2009, 8 p.
- BENEDETTO, F., GIUNTA, G., LIGUORI, A., WACKER, A. (2015). A novel method for securing critical infrastructures by detecting hidden flows of data. In *IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)*, Italy: Florence, 28th – 30th, September 2015. ISBN 978-1-4673-7876-5. DOI: 10.1109/CNS.2015.7346881
- BEN-GAL, I. (2008). Bayesian Networks. In Ruggeri, F., Kennett, R.S., Faltin, F.W. *Encyclopedia of Statistics in Quality and Reliability*. New York: John Wiley & Sons. 6 p. ISBN 978-0-470-01861-3. DOI: 10.1002/9780470061572.eqr089
- Bezpečnostní strategie České republiky* (2015). Praha: Ministerstvo zahraničních věcí České republiky. Únor 2015, 24 s. ISBN 978-80-7441-005-5.
- BÍL, M., SEDONÍK, J., KUBEČEK, J., VODÁK, R., BÍLOVÁ, M., ANDRÁŠIK, R. (2014). Rizikové úseky silniční sítě – analýza zranitelnosti a ohrožení přírodními

- pohromami. *The Science for Population Protection*, 2014, Vol. 6, No. 2, pp. 37-54. ISSN 1803-568X.
- BOEHM, W.B., DEMARCO, T. (1997). Software risk management. *IEEE Software*, Volume 14, Iss. 3, p. 17 19. ISSN 0740-7459. DOI: 10.1109/MS.1997.589225
- BORSHCHEV, A., KARPOV, Y., KHARITONOV, V. (2002). Distributed simulation of hybrid systems with AnyLogic and HLA. *Future Generation Computer Systems*, 2002. Vol. 18, Iss. 6, pp. 829-839. ISSN 0167-739X. DOI: 10.1016/S0167-739X(02)00055-9
- BROWN, C., MILKE, M., SEVILLE, E. (2010). *Discussion Paper: Should waste management be considered a lifeline in New Zealand?* New Zealand: Resilient Organisations Research Programme. 16 p.
- BS 25999-1:2006 Business continuity management – Part 1: Code of practise. 50 p. ISBN 0-580-49601-5
- BS ISO 22301:2012 Societal security – Business continuity management systems - Requirements.
- Cambridge Dictionary (2016). *Desk research* [online]. Dictionary.cambridge.org [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/desk-research>
- CARVER2 (2011). National Infrastructure Institute - Center for Infrastructure Expertise, Great Britain: Portsmouth. January, 2011, Cit. 6.3.2017 Available at: https://www.intrans.iastate.edu/publications/_documents/midcon-presentations/2011/presentations/Planning,%20Modeling,%20and%20Logistics_D3-1_Lavrenz.pdf
- CI2RCO Project. (2008). Critical Information infrastructure research coordinations. Dostupné z: http://cordis.europa.eu/project/rcn/79305_en.html
- CIRAS Project (2015). Project proposal of the 8th Framework Programme called HORIZON 2020.
- Civil Defence Emergency Management (CDEM) Act* (2002). New Zealand: The Ministry of Civil Defence and Emergency Management.
- Commission Staff Working Document „On a new approach to the European Programme for Critical Infrastructure Protection Making European Critical Infrastructure more secure“ (2013). Brussels, 28.8.2013. SWD/2013/0318.
- Commission Staff Working Document „On the review of the European Programme for Critical Infrastructure Protection“ (2012). Brussels, 22.6.2012. SWD/2012/0190.
- CONWAY, S. et al. (2009). Silver Shield: a local government's approach to critical infrastructure protection. WIT Transactions on The Built Environment. *Safety*

and Security Engineering III, 2009, Vol. 108, pp. 13-19.

DOI: 10.2495/SAFE090021

COSTANZA, R. et al.: Quality of life: An approach integrating opportunities, human needs, and subjective wellbeing. *Ecological Economics*, Vol. 61, 2007. pp. 267-276. ISSN 1873-6106. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2006.02.023

Critical Five (2014). *Forging a Common Understanding for Critical Infrastructure: Shared Narrative*. Treasury, New Zealand. 16 p.

Critical Foundations: Protecting America's Infrastructures (1997). The Report of the President's Commission on Critical Infrastructure Protection, 1st. edition. Washington D.C.: United States Government Printing Office, 1997, 101 p.

Critical Infrastructure Protection: Second Report to the Federal Council and Measures for the Period 2009-2011 (2009). Bern: Federal Office for Civil Protection. 18.5.2009, 11 p.

CUTTER, S. L., BARNES, L., BERRY, M., BURTON, C., EVANS, E., TATE, E., WEBB, J. (2008). A Place-Based Model for understanding Community Resilience to natural Disasters. *Global Environmental Change*, Vol. 18, No. 4, pp. 598-606. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013

Český statistický úřad [online]. 2017, [cit. 14.3.2017]. Dostupné z: <http://www.czso.cz>

ČSN EN 31010:2010. Management rizik – Principy a směrnice. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 80 s.

ČSN ISO 31000:2009. Management rizik – Principy a směrnice. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 40 s.

ČÚZK - Český úřad zeměměřičský a katastrální [online]. 2017, [3.4.2017]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz>

DESHMUKH, A., HO OH, E., HASTAK, M. (2011). Impact of flood damaged critical infrastructure on communities and industries. *Built Environment Project and Asset Management*, 2011, Vol. 1, No. 2, pp. 156–175. ISSN 2044-124X. DOI:10.1108/20441241111180415

Dictionary (2016). *Infrastructure* [online]. Dictionary.com [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: <http://dictionary.reference.com/browse/infrastructure>

DUNN, M. (2005). The socio-political dimensions of critical information infrastructure protection (ciip). *International Journal of Critical Infrastructures*. Vol. 1, No. 2/3, pp. 258-268.

EBREY, P. B. (1999). *The Cambridge Illustrated History of China*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 352 p. ISBN 0-521-66991-X.

- EGAN, M. J. (2007). Anticipating Future Vulnerability: Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems. *Journal of Contingencies and Crisis Management* [online]. 2007, Vol. 15, No. 1, pp. 4-17. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2007.00500.x
- EUSGELD, I., NAN., C. (2009). Creating a simulation environment for critical infrastructure interdependencies study. In *IEEE Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Hong Kong, 8th-11th December, 2009. ISSN 2157-3611.ISBN 978-1-4244-4869-2. DOI: 10.1109/IEEM.2009.5373155
- EZELL, B.C., FARR, J.V., WIESE, I. (2000). Infrastructure risk analysis model. *Journal of Infrastructure System*, Vol. 6, Iss. 3, pp. 114-117. Septemeber, 2000. ISSN 1076-0342. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0342(2000)6:3(114)
- FABIAN, F., KLUIBER, Z. (1998). *Metoda Monte Carlo a možnosti jejího uplatnění*. Praha: PROSPEKTRUM s.r.o., 152 s. ISBN 80-7175-058-1.
- FEKETE, A. (2011). Common Criteria for the Assessment of Critical Infrastructures. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2011, Vol. 2, No. 1, pp. 15-24. ISSN 2192-6395.
- FENTON, N., NEIL, M.E. (2004). Combining evidence in risk analysis using Bayesian Networks. *Safety Critical Systems Club Newsletter*. Vol. 14, Iss. 1., pp. 8-13. United Kingdom: Newcastle upon Tyne.
- FENTON, N., NEIL, M.E. (2007). Managing Risk in the Modern World: Applications of Baesians Networks. A Knowledge Transfer Report from the London Mathematical Society and the Knowledge Transfer for Industrial Mathematics. United Kingdom: London Mathematical Society. November 2007, 30 p.
- FOTR, J., VACÍK, E., SOUČEK, I., ŠPAČEK, M., HÁJEK, S. (2012). *Tvorba strategie a strategické plánování. Teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2012. 384 s. ISBN 978-80-247-3985-4.
- FRAILE, J.C., PAREDIS, C.J.J., WANG, C., KHOSIA, P.K. (1999). Agent-based planning and control of a multi-manipulator assembly system. *IEEE Robotics and Automation*, Vol. 2, pp. 1219-1225. ISSN 1050-4729. ISBN 0-7803-5180-0. DOI: 10.1109/ROBOT.1999.772528
- FRANGOPOL, D. M., SOLIMAN, M., DONG, Y. (2014). Practical applications of life-cycle considerations in sustainable development of infrastructure. In *International Conference on Sustainable Development of Critical Infrastructure*, IC-SDCI 2014. China: Shanghai, American Society of Civil Engineers (ASCE), 16-18 May 2014, pp. 17-36. ISBN 978-078441347-0.
- FRIEDRICH, H. (2005). *Struktura moderní lyriky*. Brno: Host. 352 s. ISBN 80-7294-101-1.

- GAO, J., BARZEL, B., BARABÁSI, A.L. (2016). Universal resilience patterns in complex networks. *Nature*, Vol. 530, pp. 307-312. ISSN 0028-0836. DOI: 10.1038/nature16948
- GERLOCH, A. (2009). *Teorie práva*. 5. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2009. 308 s. ISBN 978-80-7380-233-2.
- GHORBANI, A. A., BAGHERI, E., (2008). The state of the art in critical infrastructure protection: a framework for convergence. *International Journal of Critical Infrastructures*, 2008, Vol. 4, No. 3, pp. 215–244.
- GHORBANI, A., BAGHERI, E., NOYE, G. (2006). Agent-based interdependencies modeling and simulation (AIMS). *Technical Rep. No. IAS-TR01-06, Intelligent and Adaptive Systems Research Group, Faculty of Computer Science, UNB, Technical Report*, 2006.
- Global Risk 2014: Ninth Edition. Geneva, World Economic Forum, 2014. ISBN 13 92-95044-60-6.
- GOETZ, E., SHENOI, S. (2007). *Critical Infrastructure Protection*. Springer, 2007. 394 p. ISBN 9780387754628.
- GURSESLI, O., DESROCHERS, A.A. (2003). Modeling infrastructure interdependencies using Petri nets. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 2, United States of America: Washington, D.C., 5th - 8th October, 2003, pp. 1506-1512. ISSN 1062-922X. ISBN 0-7803-7952-7. DOI: 10.1109/ICSMC.2003.1244625
- HAIMES, Y.Y. (1981). Hierarchical holographic modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 11, Iss. 9, pp. 606-617. ISSN 0018-9472. DOI: 10.1109/TSMC.1981.4308759
- HAIMES, Y.Y., KAPLAN, S., LAMBERT, J.H. (2002). Risk Filtering, Ranking, and Management Framework Using Hierarchical Holographic Modeling. *Risk Analysis*, Vol. 22, Iss. 2, pp. 383-397. ISSN 539-6924. DOI: 10.1111/0272-4332.00020
- HARPER, D. (2016). Online Etymology Dictionary. Collins English Dictionary - Complete & Unabridged 10th Edition. 2016 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://dictionary.reference.com/>
- HAYES, B. (2005). *Infrastructure: The Book of Everything for the Industrial Landscape*. New York City: W. W. Norton & Company. 554 p. ISBN 978-0393329599.
- HODGE, A. T. (2002). *Roman aqueducts & water supply*. Bristol Classical Press, 2002. ISBN 9780715631713.

- HOKSTAD, P., UTNE, I. B., VATN, J. (2013). *Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures: A Guideline for Analysis*. Springer, 2013. 252 p. ISBN 978-1-4471-4661-2.
- HOLDEN, R., VAL, D., BURKHARD, R., NODWELL, S. (2013). A network flow model for interdependent infrastructures at the local scale. *Safety Science*, 2013, Vol. 53, pp. 51-60. DOI: 10.1016/j.ssci.2012.08.013
- HROMADA, M. et al. (2014). *Ochrana kritické infrastruktury ČR v odvětví energetiky*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2014. 272 s. ISBN 978-80-7385-144-6.
- HROMADA, M., LUKAS, L. (2012). Multicriterial evaluation of critical infrastructure element protection in Czech Republic. In *International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications, ASEA 2012, and the 2012 International Conference on Disaster Recovery and Business Continuity, DRBC 2012*, Held in Conjunction with GST 2012. South Korea: Jeju Island, 28th November – 2nd December, pp. 306-309. ISBN 978-161804004-6.
- CHANAS, S., ZIELINSKI, P. (2001). Critical path analysis in the network with fuzzy activity times. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 122, June, 2001, pp. 195-204. ISSN 0165-0114. DOI: 10.1016/S0165-0114(00)00076-2
- Integrated Risk Management: Its importance in protecting people and their livelihoods* (2014). Bern: Federal Office for Civil Protection. May, 2014, 20 p.
- Interim Report on the August 14, 2003, Blackout (Report, 2003). New York Independent System Operator. January 8, 2004. Retr. September 16, 2008. 76 p.
- IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2012. 582 p. ISBN 978-1-107-02506-4.
- JOHANSSON, J., HASSEL, H., CEDERGREN, A. (2011). Vulnerability Analysis of Interdependent Critical Infrastructures: Case Study of the Swedish Railway System. *International Journal of Critical Infrastructures*. 2011, Vol. 7, No. 4, pp. 289-316.
- JOHANSSON, J., SVEGRUPAND, L., HASSEL, H. (2013) Societal Consequences of Critical Infrastructure Vulnerabilities: Integrating Power System and Regional Inoperability Input-Output Models. *SAFETY, RELIABILITY AND RISK ANALYSIS: BEYOND THE HORIZON*. London: CRC Press, Taylor & Francis, 2013, pp. 2027-2035. ISBN 978-1-138-00123-7. eISBN 978-1-315-81559-6. DOI: 10.1201/b15938-307
- JÖNSSON, H. et. al. (2008). Identifying Critical Components in Technical Infrastructure Networks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*,

- Part O: Journal of Risk and Reliability*. Vol.222. No.2. 2008. pp. 235-243.
ISSN 1748-006X. ISSN 1748-0078. DOI: 10.1243/1748006XJRR138
- KATHI, B. A. (2006). *Critical Path: A Brief History of Critical Infrastructure Protection in the United States*. Washington D.C.: Spectrum Publishing Group. First printing, 2006, 220 p. ISBN 978-0-913969-06-9.
- Keeping the Country Running: Natural Hazards and Infrastructure, Section C: Practical Guidance* (2011). London: Cabinet Office. October, 2011. pp. 56-89.
- KELLER, J. (1992). *Úvod do sociologie*. 1. vyd. Praha : Sociologické nakladatelství, 1992. 186 s. ISBN 8090105939.
- Kolektiv autorů. *Ochrana kritické infrastruktury*. 1. vyd. Praha: Česká asociace bezpečnostních manažerů, 2011. 189 s. ISBN 978-80-260-1215-3.
(Ochrana kritické infrastruktury, 2011)
- Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury* (2010). Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 22.2.2010, 12 s.
- Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020* (2008). Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2008. 52 s. ISBN 978-80-86640-91-4.
- Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030* (2013). Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 23.10.2013, 60 s.
- KOTZANIKOLAOU, P., THEOHARIDOU, M., GRITZALIS, D. (2013). Cascading Effects of Common-Cause Failures in Critical Infrastructures. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, pp. 171-182. ISSN 1868-422X. ISBN 978-3-642-45330-4. DOI: 10.1007/978-3-642-45330-4_12
- KRINGS, A., OMAN, P. (2003). A simple GSPN for modelling common mode failures in critical infrastructures. In *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. United States of America: Hawaii. IEEE, 6th – 8th January, 2003. ISBN 0-7695-1874-5. DOI: 10.1109/HICSS.2003.1174908
- KRÖGER, W. (2008). Critical infrastructures at risk: A need for a new conceptual approach and extended analytical tools. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 93, Iss. 12, pp. 1781-1787. DOI: 10.1016/j.ress.2008.03.005
- LEONTIEF, W. W. (1986). *Input-Output Economics*. 2nd ed., New York: Oxford University Press, 1986. 448 p. ISBN 9780195035278.
- LEWIS, T.G. (2006). *Critical Infrastructure Protection in Homeland Security: Defending a Networked Nation*. Wiley-Interscience, 2006, 486 p. ISBN 978-0-471-78628-3.

- LIMA, A., STANOJEVIC, S., PAPAGIANNAKI, D., RODRIGUEZ, P., GONZÁLEZ, M.C. (2016). Understanding individual routing behaviour. *Journal of the Royal Society Interface*, Vol. 13, Iss. 116. ISSN 1742-5689. eISSN 1742-5662. DOI: 10.1098/rsif.2016.0021
- LUIJF, E., BURGER, H., KLAVER, M. (2003a). Critical Infrastructure Protection in the Netherlands: A Quick-scan. In *EICAR Conference Best Paper Proceedings*, Denmark, Copenhagen: U.E. Gattiker (Ed.), 2003, 19 p. ISBN 87-987271-2-5
- LUIJF, E.A.M., BURGER, H.H., KLAVER, M.H.A. (2003b). Critical (information) infrastructure protection in The Netherlands. In *GI Jahrestagung (Schwerpunkt "Sicherheit-Schutz und Zuverlässigkeit")*. 2003. pp. 9-19.
- LUKÁŠ, L., HROMADA, M. (2011). Risk analysis in context of critical infrastructure protection. In *Annals of DAAAM for 2011 and 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing and Automation: Power of Knowledge and Creativity"*. Austria: Vienna. 23-26 November, pp. 1469-1470. ISBN 978-390150983-4. ISSN 1726-9679.
- MASLOW, A.H. (1943). *A Theory of Human Motivation*. Psychological Review. Vol. 50, pp. 370-369.
- MCCARTHY, J. A., BRASHEAR, J. P., POMMERENING, C., SIEGEL, J. L., CREEL, J. T., RYAN, T. P., STAFFORD, B., CLARK, L. C. (2005). *Critical Infrastructure Protection in the National Capital Region – Risk-Based Foundations for Resilience and Sustainability. Final Report*. Arlington, Virginia: George Mason University. 76 p.
- MCCORD, M. et al. (2015). *SOTA gaps, Taxonomy and Guidance Parameters for all WP's*, s.l.: INTACT Project.
- Methode zur Erstellung des SKI-Inventars* (2010). Bern: Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Konzeption und Koordination. Ident-Nr./Vers. 10012188971/02, Aktenzeichen: 235.1-01. 22.10.2010, 18 p.
- MOTEFF, J., PARFOMAK, P. (2004). *Critical Infrastructure and Key Assets: Definition and Identification*. Congressional Research Service, CRS Report for Congress RL32631. Washington D.C.: The Library of Congress. October, 2004. 19 p.
- MOZGA, J., KOVÁŘÍK, F. (2010). Několik poznámek k ochraně kritické infrastruktury. *The Science for Population Protection*, roč. 3, č. 1, s. 49-74. ISSN 1803-568X.
- MURRAY, A. T., GRUBESIC, T. H. (2012). Critical Infrastructure Protection: The Vulnerability Conundrum. *Telematics and Informatics*, 2012, Vol. 29, No. 1, pp. 56-65. DOI:10.1016/j.tele.2011.05.001

- Národní program na ochranu kritické infrastruktury (2010). Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 22.2.2010, 8 s.
- Nařízení vlády č. 432/2010 Sb. ze dne 22. prosince o kritériích pro určení prvků kritické infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů.
- Nařízení vlády č. 462/2000 Sb. Ze dne 22. listopadu k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- National Geographic (2012). *Obří říše, která neznala peníze ani obchody. Jak fungovala ekonomika Inků?* [online]. National-geographic.cz [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.national-geographic.cz/clanky/obri-rise-ktera-neznala-penize-ani-obchody-jak-fungovala-ekonomika-inku.html#.VsHpYvnhCUk>
- National infrastructure plan (2013). London: Cabinet Office. December, 2013. 152 p. ISBN 978-1-909790-57-5
- National Safety and Security Programme: National Risk Analysis Method Guide (2008). The Hague. 129 p. ISBN 978-90-5414-155-6.
- National Security Strategy and Strategic Defence and Security Review 2015: A Secure and Prosperous United Kingdom (2015). United Kingdom: Controller of her Majesty's Stationery Office. November, 2015. 96 p. ISBN 9781474125963
- Návrh směrnice Rady o určování a označování evropské kritické infrastruktury a o posouzení potřeby zvýšit její ochranu. Brusel, 12.12.2006. KOM/2006/0787.
- New Zealand Lifelines (2012). *The Value of Lifeline Seismic Risk Mitigation in Christchurch*. Summary Report. June, 2012. 12 p. ISBN 978-0-473-21633-7
- NEWMAN, D.E., NKEI, B., CARRERAS, B.A., DOBSON, I., LYNCH, V.E., GRADNEY, P. (2005). Risk Assessment in Complex Interacting Infrastructure Systems. In *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. United States of America: Hawaii. IEEE, 6th – 8th January, 2005. ISBN 0-7695-2268-8. DOI: 10.1109/HICSS.2005.524
- OUYANG, M. (2014). Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 2014. Vol. 121, pp. 43-60. ISSN 0951-8320.
- OUYANG, M., WANG, Z. (2015). Resilience assessment of interdependent infrastructure systems: With a focus on joint restoration modelling and analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 141, pp. 74-82. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2015.03.011.

- PANT, R., THACKER, S., HALL, J.W., BARR, S., ALDERSON, D., KELLY, S. (2016). Analysing the risks of failure of interdependent infrastructure networks, In HALL, J.W., TRAN, M., HICKFORD, A.J., NICHOLLS, R.J. (eds.) *The Future of National Infrastructure: A System-of-Systems Approach*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 227–240. ISBN 9781107588745. DOI: 10.1017/CBO9781107588745.013
- PANZIERI, S., SETOLA, R., ULIVI, G. (2004). An Agent Based Simulator for Critical Interdependent Infrastructures. In *Securing Critical Infrastructures CRIS 2004: Conference on Critical Infrastructures*, France: Grenoble, October, 2004. 8 p.
- PANZIERI, S., SETOLA, R., ULIVI, G. (2005). An approach to model complex interdependent infrastructures. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 38, Iss. 1, pp. 404-409. DOI: 10.3182/20050703-6-CZ-1902.00068
- PEDERSON, P. et al. (2006). Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research. USA, Idaho: Idaho National Laboratory, 2006. 116 p.
- PETIT, F., BASSETT, G., BLACK, R., BUEHRING, W., COLLINS, M., DICKINSON, D., FISHER, R., HAFFENDEN, R., HUTTENG, A., KLETT, M., PHILLIPS, J., THOMAS, M., VESELKA, S., WALLACE, K., WHITFIELD, R., AND PEERENBOOM, J. (2013). Resilience Measurement Index: An Indicator of Critical Infrastructure Resilience. Chicago: Argonne National Laboratory. 70 p.
- PIDHANIUK, L. (2016). Odbor civilní nouzové připravenosti a strategií, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky [osobní sdělení]. Praha. Sděleno 19.2.2016.
- Presidential Policy Directive 21: Critical Infrastructure Security and Resilience* (2013). Washington D.C.: The White House Office of the Press Secretary, February 12 2013.
- PRIOR, T. (2015). SKI Focus Report 9: Measuring Critical Infrastructure Resilience. Zurich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. 14 p.
- PRIOR, T., HAGMANN, J. (2012). *SKI Focus Report 8 - Measuring Resilience: Benefits and Limitations of Resilience Indices*. Zurich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. 2012, 26 p.
- PROCHÁZKOVÁ, D. (2012). *Bezpečnost kritické infrastruktury*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze. 318 s. ISBN: 978-80-01-05103-0.
- Protection of Critical Infrastructures – Baseline Protection Concept: Recommendation for companies* (2005). Berlin: Federal Ministry of the Interior - Federal Office for Civil Protection and Disaster Response, Centre for Protection of Critical Infrastructures. 2005, 106 p.

- RAKOWSKI, N. (2008). *Maslow's hierarchy of needs model – the difference of the Chinese and the Western pyramid on the example of purchasing luxurious products*. 1st edition. Munich: GRIN Academic Publishing, 2008, 40 p. ISBN 978-3-640-40765-1.
- RAMPRASAD, A. (1983). On the Definition of Feedback. *Behavioral Science*. Vol. 28, No. 1. Last accessed 16 March 2012.
- Revised National Civil Defence Emergency Management Plan: Resilient New Zealand* (2014). New Zealand: The Ministry of Civil Defence & Emergency Management. 85 p. ISBN 978-0-478-43501-6
- RINALDI, S.M. (2004). Modeling and simulating critical infrastructures and their interdependencies. In *Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Science*. 2004, 8 p.
- RINALDI, S.M., PEERENBOOM, J.P., KELLY, T.K. (2001). Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 2001, Vol. 21, No. 6, pp. 11-25. ISSN 1066-033X. DOI: 10.1109/37.969131
- Risk assessment: how the risk of emergencies in the UK is assessed (2013). Detailed guidance – GOV.UK. issue 20th February 2013.
- RITCHIE, N. (2011). Rethinking security: a critical analysis of the Strategic Defence and Security Review. *International Affairs*, Vol. 87, No. 2, pp. 355-376. DOI: 10.1111/j.1468-2346.2011.00977.x.
- ROBERTSON, S., POWELL, P. (1999). *Exploiting the Benefits of Y2K Preparation*. *Communications of the ACM*, Vol. 42, No. 9, pp. 42-48. ISSN 0001-0782. DOI: 10.1145/315762.315770
- ROSENFELD, P., CULBERTSON, A., MAGNUSSON, P. (1992). *Human needs, a literature review and cognitive life span model*. Navy Personnel and Development Center. Program Element 0603707N, 1992. 29 p.
- ROSTOW, W.W. (1960). *The process of economic growth*. 2nd Edition. London: Oxford University Press, 1960. 300 p.
- RUBINSTEIN, R.Y., KROESE, D.P. (2011). *Simulation and the Monte Carlo Method*. 2nd Edition. New York: John Wiley and Sons. 372 p. ISBN 978-0-470-17794-5
- Ředitelství silnic a dálnic České republiky [online]. 2017, [2.4.2017]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/Scitani-dopravy>
- ŘEHÁK, D., HROMADA, M., ŠENOVSKÝ, P., KROČOVÁ, Š., APELTAUER, T., PIDHANIUK, L. (2016). *Souhrn způsobů hodnocení kvality a odolnosti infrastruktury*. [Odborná studie]. Příjemce: Úřad vlády ČR, listopad 2016. 118 s. DOI: 10.13140/RG.2.2.29985.40801

- ŘEHÁK, D., MARKUCI, J., HROMADA, M., BARČOVÁ, K. (2016). Quantitative Evaluation of the Synergistic Effect in a Critical Infrastructure System, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. Vol. 14, pp. 3-17. ISSN 1874-5482. DOI: 10.1016/j.ijcip.2016.06.002
- ŘEHÁK, D., NOVOTNÝ, P. (2016). Bases for modelling the impacts of the critical infrastructure failure. *Chemical engineering transactions*. Vol. 53, pp. 91-96. ISSN 2283-9216. DOI: 10.3303/CET1653016
- ŘEHÁK, D., ŠENOVSKÝ, P. (2014). Preference Risk Assessment of Electric Power Critical Infrastructure. *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 36, pp. 469-474, ISBN 978-88-95608-27-3. ISSN 2283-9216. DOI: 10.3303/CET1436079
- ŘEHÁK, D., ŠENOVSKÝ, P., HROMADA, M., LOVEČEK, T., NOVOTNÝ, P. (2017). Cascading Impact Assessment in a Critical Infrastructure System. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. Vol. , 2017, pp. ISSN . (in press)
- SANTOS, J.R., HAIMES, Y.Y. (2006). Inoperability Input-Output Modelling of Disruptions to Interdependent Economic Systems. *System Engineering*. Vol 9, Issue 1, pp. 20–34. ISSN 1520-6858. DOI: 10.1002/sys.20040
- SBP Consult (2006). Zjištění průměrné obsazenosti a účelu cest vozidel AID na vybrané silniční a dálniční síti České republiky, 2005 a 2006. Praha: SBP Consult, 1 s.
- Sdělení Komise o Evropském programu na ochranu kritické infrastruktury* (2006). Brusel, 12.12.2006. KOM/2006/0786.
- Sdělení Komise Radě a Evropskému parlamentu „Ochrana kritické infrastruktury při boji proti terorismu“* (2004). Brusel, 20.10.2004. KOM/2004/0702.
- Sector Resilience Plans: A Summary of the 2014* (2014). London: Cabinet Office. August, 2014. 17 p.
- Securing Critical Infrastructures in the Netherlands: Towards a National Testbed* (2015). Den Haag: The Hague Security Delta. 40 p. ISBN 978-94-92102-30-0
- SELIGER, G., KRÜTZFELDT, D., LORENZ, P., STRASSBURGER, S. (1999). On the HLA-and Internet-based coupling of commercial simulation tools for production networks. *SIMULATION SERIES*, Vol. 31, pp. 156-162.
- Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030* (2015). Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), 30 p.
- SETOLA, R., DE PORCELLINIS, S., SFORNA, M. (2009). Critical infrastructure dependency assessment using the input–output inoperability model. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, Vol. 2, Iss. 4, pp. 170-178. ISSN 1874-5482. DOI: 10.1016/j.ijcip.2009.09.002

- SETOLA, R., ROSATO, V., KYRIAKIDES, E., ROME, E. (2017). Managing the Complexity of Critical Infrastructures: A Modelling and Simulation Approach. Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 90. Berlin: Springer. ISSN 2198-4182.
- SCHABERREITER, T., BOUVRY, P., RÖNING, J., KHADRAOUI, D. (2013). A Bayesian Network Based Critical Infrastructure Risk Model. EVOLVE - A Bridge between Probability, Set Oriented Numerics, and Evolutionary Computation II. Berlin: Springer. Vol. 175, pp. 207-218. ISSN 2194-5357. ISBN 978-3-642-31518-3. DOI: 10.1007/978-3-642-31519-0_13
- SKOKAN, L. (1999a). *Úvod do teorie geografie*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně. 308 s. ISBN 80 7044-229-8.
- SKOKAN, L. (1999b). O geografické regionalizaci a „učení o zemích“ a regionech ve školské (ale nejen školské) geografii. In JERÁBEK, Milan; PEŠTOVÁ, Jana. *Regionalizace České republiky: formování regionů, jejich funkce, význam pro začleňování do evropského prostoru: sborník referátů z mezinárodní konference*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, s. 24. ISBN 978-8070442579.
- SLIVKOVA, S., REHAK, D., NESPOROVA, V., DOPATEROVA, M. (2017). Correlation of core areas determining the resilience of critical infrastructure. In *Proceedings of the 12th international scientific conference on sustainable, modern and safe transport (TRANSCOM)*, 2017. ISSN 1877-7058. (in press)
- Směrnice Rady 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu.
- SPIER, R. (2002). The history of the peer-reviews proces. *Trends in Biotechnology*. Vol. 20, No. 8, pp. 357 358. DOI: 10.1016/S0167-799(02)01985-6
- Strategic Framework and Policy Statement: on Improving the Resilience of Critical Infrastructure to Disruption from Natural Hazards* (2010). London: Cabinet Office. March, 2010. 26 p.
- STRELCOVÁ, S., ŘEHÁK, D., JOHNSON, E. A. D. (2015). Influence of critical infrastructure on enterprise economic security. *Communications – Scientific Letters of the University of Žilina*, 2015, Vol. 17, No. 1, pp. 105-110. ISSN 1335-4205.
- Summary Report on Research and Publications Related to Engineering Lifelines and Critical Infrastructure around the World* (2010). Report No. 2, Version 3. New Zealand: National Engineering Lifelines Committee. August, 2010. 48 p.
- Swiss Programme on Critical Infrastructure Protection* (2011). Bern, Federal Office for Civil Protection. February 2011, 1 p.

- ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V., KROČOVÁ, Š., ŠENOVSKÝ, P. (2009). Hodnocení rizika prvků kritické infrastruktury. *Spektrum*, Ostrava, 2009, roč. 1, č. 1, s. 5-7. ISSN 1211-6920.
- ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V., ŠENOVSKÝ, P. (2007). *Ochrana kritické infrastruktury*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.
- TAQUECHEL, E.F., LEWIS, T.G. (2012). How to Quantify Deterrence and Reduce Critical Infrastructure Risk. *Homeland Security Affairs*. 2012, Vol. 8, No. 1, 28 p. ISSN 1558-643X.
- The National Security Strategy of the United Kingdom: Security in an independent world* (2008). London: Cabinet Office. March, 2008. 64 p.
- TRUCCO, P., CAGNO, E., DE AMBROGIO, M. (2012). Dynamic functional modeling of vulnerability and interoperability of critical infrastructures. *Reliability engineering & System Safety*, 2012, Vol. 105, pp. 51-63. ISSN 0951-8320.
- TRUCCO, P., PETRENI, B. (2014). An Ontology-based Approach to Vulnerability and Interdependency Modelling for Critical Infrastructure Systems. In *European Safety and Reliability Conference (ESREL)*, 2014, pp. 49-56. ISBN 978-1-138-02681-0.
- TUKEY, J.W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. 1st Edition. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 688 p. ISBN 978-0201076165.
- TUTTLE, H. (2013). Risk Management [online]. 1.9.2013 [cit. 2014-02-11]. Dostupný z: <http://www.rmmagazine.com/2013/09/01/blackouts/>.
- TWEEDE KAMER (2001). Eerste voortgangsrapportage m.b.t. actieplan Terrorismebestrijding en veiligheid van 5 oktober 2001 [First progress report w.r.t. the action plan counter-terrorism and safety dated 5 October 2001]. Tweede Kamer der Staten-Generaal vergaderjaar 2001-2002, 27925(21), The Netherlands: The Hague.
- Usnesení vlády České republiky ze dne 23. října 2013 č. 805 ke Koncepti ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030.
- UTNE, I.B., HOKSTAD, P., VATN, J. (2011). A method for risk modeling of interdependencies in critical infrastructures. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 96, pp. 671-678. DOI: 10.1016/j.ress.2010.12.006
- VILLASENOR, J., JASKOLKA, J. (2015). Supply Chain Cybersecurity Assurance for Critical Infrastructure. Department of Homeland Security, Critical Infrastructure Resilience Institute, DHS-14-ST-061-COE-CIRC, 2015.
- Voortgangsbrief Nationale Veiligheid, Minister van Veiligheid en Justitie, 13 mei 2015, Kamerstukken II, 2014-2015, 29517-96.

- WANG, X.F., CHEN, G. (2003). Complex networks: small-world, scale-free and beyond. *IEEE Circuits and Systems Magazine*. Vol. 3, Iss. 1, September, 2003. pp. 6-20. ISSN 1531-636X. DOI: 10.1109/MCAS.2003.1228503
- WITSENHAUSEN, H. (1966). A class of hybrid-state continuous-time dynamic systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, April 1966. Volume 11, Iss. 2, pp. 161-167. ISSN 0018-9286. DOI: 10.1109/TAC.1966.1098336
- YUSTA, J., CORREA, G., LACAL-ARÁNTGUI, R. (2011). Methodologies and applications for critical infrastructure protection: State-of-the-art. *Energy Policy*, 2011. Vol. 39, No. 10, pp. 6100-6119. ISSN 0301-4215.
- ZABAGED – základní báze geografických dat České republiky [online]. 2017, [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- ZAHARIA, S.A. (2012). „Critical Infrastructure“ Concept's Evolution and Prospects within the Euro Atlantic Framework. *Strategic Impact*, No. 45, pp. 59-72. ISSN 1841-5784.
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 374/2011 Sb., o zdravotnické záchranné službě, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 430/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zelená kniha o Evropském programu na ochranu kritické infrastruktury* (2005). Brusel, 17.11.2005. KOM/2005/0576. 26 s.
- ZHANG, G., BOSE, A. (1989). Scenario building for operator training simulators using a transient stability program. *IEEE Transactions on Power System*, Vol. 4, Iss. 4, pp. 1542-1549. ISSN 0885-8950. DOI: 10.1109/59.41707
- ZIO, E. (2016). Challenges in the vulnerability and risk analysis of critical infrastructures. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 152, pp. 137-150. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2016.02.009
- ZLOTKIN, G., ROSENSCHEIN, J. S. (1991). Cooperation and conflict resolution via negotiation among autonomous agents in noncooperative domains. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 21, Iss. 6, pp. 1317-1324. ISSN 1083 4427. DOI: 10.1109/21.135678

Glosář pojmů

Pro účel disertační práce je nutno jasně vymezit níže uvedené pojmy. Jsou zde pro úplnost zařazeny mimo pojmů obecných také základní pojmy vycházející z příslušné právní úpravy (uvedena poznámka „de jure“).

Struktura

Slovo latinského původu (lat. *struere*) označující způsob složení či vnitřní uspořádání většího celku, a to zejména tehdy, kdy tento způsob vykazuje pravidelnosti či zákonitosti (Friedrich, 2005).

Infrastruktura

Slovo infrastruktura je přisuzováno spojení slov latinského původu později zevšedněných v pojmy *infra* a *struktura*, což znamená spojení slov níže a struktura (složení). Zároveň je možno dohledat, že slovo *infra-structure* pochází z francouzského jazyka a jedná se o pojem užívaný již od 19. století jak ve francouzštině, tak i v angličtině (Dictionary, 2016; Harper, 2016). V obecném smyslu se jedná o množinu položek, které propojují strukturální prvky systému, jež udržují celou strukturu pohromadě (Procházková, 2012). Další česká literatura (Šenovský et al., 2007; 2009) definuje infrastrukturu obdobně jako literatura světová (např. Hayes, 2005; Moteff a Parfomak, 2004), a to jako množinu prvků, které jsou uspořádané dle určitých pravidel (neboli strukturované), navzájem propojené a poskytují příslušnému celku rámcovou podporu.

Kritický

Slovo kritický (Procházková, 2012) je možno též vysvětlit jako „mezní“, které označuje určitou hranici, při jejímž překročení dochází k nežádoucím jevům (s možným vlivem na úspěšné fungování společnosti). Slovo kritický (Moteff a Parfomak, 2004) může být taktéž ekvivalentem k pojmu „rozhodující“, např. rozhodující prvek pro samotný celek, tedy infrastrukturu. Zároveň je možno nalézt (např. Goetz a Sheno, 2007) taktéž přirovnání k pojmu „systémově důležitý“ prvek.

Kritická infrastruktura

Obecnou definici dle mezinárodního fóra zabývajícím se problematikou resilience a ochrany kritické infrastruktury lze vyjádřit následovně: „národně významné infrastruktury, které mohou být širě definovány jako systémy, aktiva zařízení a sítě provádějící základní služby a jsou nezbytné pro národní a ekonomickou bezpečnost, prosperitu, zdraví a životy obyvatel“ (Critical Five, 2014). Mnoho definic je odkazováno na legislativní dokumenty, jako např. profesor Lewis se ve své knize (2006) odkazuje definicí na Zprávu prezidentské komise (Critical

Foundations, 1997), tedy jako na „životně důležitou infrastrukturu, jejíž nezpůsobilost nebo vyřazení může mít oslabující vliv na národní bezpečnost“.

Kritická infrastruktura (de jure)

Pojem lze vyjádřit v kontextu dvou definic. Dle evropského právního řádu (Směrnice Rady, 2008) se kritickou infrastrukturou rozumí *„prostředky, systémy a jejich části nacházející se v členském státě, které jsou zásadní pro zachování nejdůležitějších společenských funkcí, zdraví, bezpečnosti, zabezpečení nebo dobrých hospodářských či sociálních podmínek obyvatel a jejichž narušení nebo zničení by mělo pro členský stát závažný dopad v důsledku selhání těchto funkcí“*. Druhá definice z českého právního řádu (Zákon, 2000) popisuje *„kritickou infrastrukturou prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, narušení jehož funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu“*.

Kritičnost

Definice pojmu kritičnost se mírně liší. Lze uvést několik následujících příkladů: Kritičnost je vyjádřena jako zranitelnost systému na základě poruchy specifické komponenty (Jönsson et al., 2008).

Hodnocení kritičnosti by mělo být založeno na následcích výpadku (Egan, 2007). Hodnocení kritičnosti zohledňuje stupeň poškození poskytování základních služeb společnosti (Strategic Framework, 2010).

Kritičnost je uvažována jako vlastnost mající vztah s omezením služeb poskytovaných společnosti (Brown et al., 2010).

Kritičnost má zároveň vztah s určením významu příslušné infrastruktury (AELP, 2014).

Disertační práce však využívala společného základu zmíněných pohledů, kterým je dopad na omezení základních služeb poskytovaných obyvatelstvu.

Prvek

Prvek je definován (Dictionary, 2016) jako součást nebo složka celku či část celku (systému), která může být samostatně analyzována. Jedná se o nedělitelný element určité infrastruktury, na který lze samostatně nahlížet a je schopen přijímat, poskytovat, případně zároveň přijímat a poskytovat službu (resp. určitou funkci) systému. Za tímto účelem prvek disponuje vstupy a výstupy (Leontief, 1986).

Prvek kritické infrastruktury (de jure)

Dle krizového zákona (Zákon, 2000) je definován jako *„stavba, zařízení, prostředek nebo veřejná infrastruktura, určená podle průřezových a odvětvových kritérií“*.

Subjekt

Latinsky *subjectus, subiectum* (ev. *subiecti*) lze doslovně přeložit jako podklad, ležící pod (Gerloch, 2009). Doslovný překlad však nevystihuje podstatu slova

užívaného v českém jazyce. Vzhledem k jeho širokému využívání napříč mnoha obory se jeví jako vhodné zvolit výklad jako hospodářský subjekt nebo právní subjekt (Gerloch, 2009), čili určitá korporace, která je nositelem práv a povinností.

Subjekt kritické infrastruktury (de jure)

Je definován dle krizového zákona (Zákon, 2000) jako „*provozovatel prvku kritické infrastruktury*“.

Regionální

Region je slovo vycházející z latinského *regio* což označuje území vymezené na základě společných znaků, rysů či kritérií (Skokan, 1999a). Slovem region jsou označovány především územně-správní jednotky v mnoha zemích. Regiony mohou být dále členěny na menší části a více regionů může tvořit vyšší strukturu. Na jedné straně mohou být jako regiony označována území, která nemají žádnou formu vlastní samosprávy a mají pouze statistický význam, např. euroregiony, regiony pro účely nadnárodních organizací (např. Organizace spojených národů) nebo určité náboženské regiony. Na straně druhé (Skokan, 1999b) se může jednat o regiony geografické, tedy území stanovená politicky jako administrativní jednotka, ev. na základě vztahů jako heterogenní funkční region. Práce se však zaměřuje na „region“ ve smyslu samosprávné části České republiky (např. vyšší územní samosprávné celky).

Regionální kritická infrastruktura

Jedná se o souhrnný pojem pro úrovně kritické infrastruktury definované v Koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020 (Koncepce, 2008), který zahrnuje zmíněné úrovně krajské a místní, a to v kontextu územního členění České republiky.

Určování prvků kritické infrastruktury

Jelikož není možné chránit všechny infrastruktury a všechny prvky, je nutné provést výběr. Provedení výběru (Procházková, 2012) počet sníží na únosnou míru a zároveň zajistí dodávku požadovaných služeb v rozsahu nezbytném pro zajištění fungování společnosti. Určování je proces uskutečňovaný určitými postupy či metodami. Určování prvků (procesů, funkcí) kritické infrastruktury může být realizováno třemi druhy metod (Procházková, 2012): exaktní metody, intuitivní metody a heuristické metody.

Ochrana kritické infrastruktury (de jure)

Pojem lze vyjádřit v kontextu dvou definic. Termín „ochrana“ v kontextu Směrnice Rady (2008) zahrnuje *„všechny činnosti zaměřené na zajištění funkčnosti, nepřetržitosti a celistvosti kritické infrastruktury s cílem zabránit hrozbě, riziku nebo zranitelnosti, zmírnit je a neutralizovat“*. Termín „ochrana kritické infrastruktury“ (Zákon, 2000) je v českém právním řádu definován jako *„opatření zaměřená na snížení rizika narušení funkce prvků kritické infrastruktury“*.

Stakeholder

Termín „stakeholder“ v překladu znamená „zúčastněná strana. Termín je využíván v originálním znění, neboť již dochází k jeho hojnému využívání v dokumentech různého charakteru (např. Sendai Framework, 2015).

Seznamy obrázků a tabulek

Obrázek 1: Pyramida potřeb jedince dle Maslow (Rakowski, 2008).....	25
Obrázek 2: Příklad výpadku infrastruktury dodávek elektrické energie a jeho možných následků (v dokumentu Commission Staff, 2013 je využit obrázek publikovaný původně v Rinaldi et al., 2001)	29
Obrázek 3: Vývoj přístupů ke zkoumání kritické infrastruktury (CIRAS Project, 2015)	31
Obrázek 4: Postup určování prvků kritické infrastruktury (Kolektiv autorů, 2011)	36
Obrázek 5: Vertikální závislosti úrovní kritické infrastruktury	39
Obrázek 6: Proces managementu rizik využíváný obecně pro všechny sektory (Methode, 2010)	49
Obrázek 7: Vizualizace rozdělení infrastruktury dle úrovně kritičnosti (vychází z dokumentu: Strategic Framework, 2010)	55
Obrázek 8: Promítnutí užití rizikově orientovaného hodnocení na rozvržení priorit v oblasti ochrany kritické infrastruktury (vychází z dokumentu: Strategic Framework, 2010)	56
Obrázek 9: Rozdělení úrovně kritičnosti pro Lifelines a promítnutí významu do územního systému (AELP, 2014)	58
Obrázek 10: Rámec analýzy kritické infrastruktury a jeho dimenze (Ghorbani a Bagheri, 2008)	60
Obrázek 11: Ukázka struktury metamodelu Infrastructure Profiling popisujícího zdroje (Bagheri a Ghorbani, 2010)	62
Obrázek 12: Ukázka záležitostí, jež je třeba řešit v oblasti managementu rizik v rámci celého uvažovaného systému (Aagedal et al., 2003)	63
Obrázek 13: Ukázka výstupu z provedených simulací metody Monte Carlo na části kritické infrastruktury ve Velké Británii (Pant et al., 2016)	67
Obrázek 14: Ukázka výstupu z nástroje TRAGIS, příklad využitelnosti dopravní sítě (Lima et al., 2016).....	69
Obrázek 15: Ukázka multi-agentního systému – přístup založený na dvou vrstvách modelu pro infrastrukturu Elektroenergetiky (Kröger, 2008)	72
Obrázek 16: Model bayesovské sítě a jejich kauzalit (Fenton a Neil, 2007)	75
Obrázek 17: Ukázka modelu Petriho sítí, včetně popisu závislostí v rámci celého modelového systému (Rinaldi et al., 2001)	77

Obrázek 18: Příklad zobrazení metody kritické cesty (Chanas a Zielinski, 2001) ..	78
Obrázek 19: Vlastnosti rozhodující pro chování sítě v případě výpadku (Gao et al., 2016).....	79
Obrázek 20: Rámec ochrany prvků kritické infrastruktury	81
Obrázek 21: Proces výběru přístupu k určování regionální kritické infrastruktury	82
Obrázek 22: Proces výběru přístupu k určování regionální kritické infrastruktury	85
Obrázek 23: Proces pro určování prvků progresivním přístupem, včetně vyobrazení všech jeho částí.....	97
Obrázek 24: Dekompozice systému na část orientující na se infrastrukturu a část orientující se na společnost.....	99
Obrázek 25: Prezentace vztahu dekomponovaného systému s kvantitativními a kvalitativními kritérii	100
Obrázek 26: Zobrazení řešené oblasti (Ministerstvo dopravy České republiky, 2017)	106
Obrázek 27: Znázornění počtu obyvatel na území obcí v řešeném kraji (ČÚZK, 2017; ZABAGED, 2017)	108
Obrázek 28: Infrastruktura silniční sítě vybraná pro detailní analýzu (Ministerstvo životního prostředí, 2016).....	109
Obrázek 29: Grafické znázornění výsledků Celostátního sčítání dopravy 2016 pro řešené území	112
Obrázek 30: Vyobrazení prvků „zvláštní úrovně“ na mapě silniční infrastruktury kraje	116
Tabulka 1: Seznam revidovaných sektorů a služeb kritické infrastruktury v Nizozemsku, který je zaměřen na kritické procesy (Voortgangsbrieven Nationale Veiligheid, 2015).....	52
Tabulka 2: Vysvětlení základních oblastí, s nimiž pracuje metoda CARVER2 (2011)	68
Tabulka 3: Poměr eventuálně postižených obyvatel přepočtený pro jednotlivé kraje.....	88
Tabulka 4: Vypočtená výše mezní hodnoty ekonomického dopadu na hrubý domácí produkt České republiky a jednotlivých krajů (zdroj dat: Český statistický úřad, 2017)	89

Tabulka 5: Přepočet hrubého domácího produktu ČR a hrubého domácího produktu jednotlivých krajů na jednoho obyvatele (zdroj dat: Český statistický úřad, 2017).....	90
Tabulka 6: Porovnání hodnot nevytvořeného hrubého domácího produktu krajů vypočtených z dynamické hodnoty průřezového kritéria $D1_i$ a hodnot původně stanoveného kritéria $K2_{CR}$	91
Tabulka 7: Hodnoty nevytvořeného hrubého produktu krajů vypočtené s využitím dynamické hodnoty $D1_i$ a prezentování hodnot kritéria $K2_{ij}$	92
Tabulka 8: Vypočtená dynamická výše kritéria usmrčených $D3u_i$ / následně hospitalizovaných osob $D3h_i$ pro jednotlivé kraje	95
Tabulka 9: Přehled počtu posuzovaných úseků a zájmových staveb v Pardubickém kraji (Ředitelství silnic a dálnic České republiky, 2016)	110
Tabulka 10: Sumarizace výsledků provedené síťové analýzy pro uzly	111
Tabulka 11: Sumarizace výsledků provedené síťové analýzy pro zájmové stavby	111
Tabulka 12: Výtah z údajů Celostátního sčítání vozidel 2016 relevantní pro Pardubický kraj	113
Tabulka 13: Ukázka vyjádření populačního ekvivalentu na vybrané části dat.....	113
Tabulka 14: Část seznamu analyzovaných prvků s uvedením výstupů z kvantitativního a kvalitativního hodnocení	114

Seznam zkratek

AELP	Auckland Engineering Lifelines Group
AIMS	Agent-based Interdependency Modeling and Simulation
BS	Bayesovská síť
CAT	Criticality
CDEM	Civil defence emergency management
CDV	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
CI	Critical Infrastructure
CI ² RCO	Critical Information Infrastructure Research Co-ordination
CIA	Cascading Impact Assessment
CIRAS	Critical Infrastructure Risk Assessment Support
CISIA	Critical Infrastructure Simulation by Interdependent Agents
CIWIN	Critical Infrastructure Warning Information Network
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
EKI	Evropská kritická infrastruktura
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity
EO	Ekvivalentní obyvatel
EPCIP	European programme for critical infrastructure protection
EU	Evropská unie
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation
GIE	Gas Infrastructure Europe
GIS	Geografický informační systém
GPS	Global position system
HDP	Hrubý domácí produkt
HHM	Hierarchické holografické modelování
HLA	High Level Architecture

HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
HZS K	Hasičský záchranný sbor kraje
IATA	International Air Transport Association
ICT	Information and Communication Technology
IOM	Input-Output Model
IOM (IIM)	Inoperability Input/Output Model
IRAM	Infrastructure Risk Analysis Model
KI	Kritická infrastruktura
MU	Mimořádná událost
MV	Ministerstvo vnitra (České republiky)
NKI	Národní kritická infrastruktura
NUTS	Nomenklatura územních statistických jednotek
OPU	Obec s pověřeným úřadem
ORP	Obce s rozšířenou působností
PS	Petriho síť
RKI	Regionální kritická infrastruktura
SKI	Schutz Kritischer Infrastrukturen
SV	Součet vozidel
SYNEFIA	Synergistic Effect Impact Assessment
THREVI2	Threat-Vulnerability Path Identification of Critical Infrastructures
TNV	Těžká nákladní vozidla
TRV	Threat, Risk, Vulnerability
TV	Televize (televizní vysílání)
UML	Unified Modelling Language
UML-CI	Unified Modelling Language – Critical Infrastructure
USD	Americký dolar
VCS	Vliv na celý systém
Y2K	Year 2 kilo (Year 2000) – rok 2000
ZO	Zájmové objekty

Seznam vlastních prací autora

Publikace v databázi Web of Science

- REHAK, D., NOVOTNY, P. Bases for modelling impacts of the critical infrastructure failure. *Chemical Engineering Transactions*, 2016, Vol. 53, pp. 91-96. ISSN 2283-8219. ISBN 978-88-95608-43-3. DOI: 10.3303/CET1653016
- REHAK, D., HROMADA, M., NOVOTNY, P. European Critical Infrastructure Risk and Safety Management: Directive Implementation in Practise. *Chemical Engineering Transactions*, 2016, Vol. 48, pp. 943-948. ISBN 978-88-95608-39-6. ISSN 2283-9216. ISBN 978-88-95608-39-6. DOI: 10.3303/CET1648158
- ŘEHÁK, D., BERNATÍK, A., NOVOTNÝ, P. Preference Risk Assessment of Hazardous Substances Road Transportation. In *Safety and Reliability: Methodology and Applications - Proceedings of the European Safety and Reliability Conference, ESREL 2014*. London: CRC Press, 2015, pp. 1671-1676. ISBN 978-1-138-02681-0.

Publikace v databázích Scopus a ERIH (bez duplikací s WoS)

- NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., ŘEHÁK, D., ALMARZOUQI, I., JANUŠOVÁ L. Critical Infrastructure Designation in European Union Countries: Implementation of Systems Approach. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*, 2016, Vol. 18, No. 2, pp. 163-169. ISSN 1335-4205.
- NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., TITKO, M., SLIVKOVÁ, S. ŘEHÁK, D. Practical Application of a Model for Assessing of Railway Infrastructure Elements. *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*, 2015, Vol. 10, No. 2, pp. 26-32. ISSN 1801-1764. DOI: 10.1515/tvsbses-2015-0010

Články v recenzovaných časopisech

- NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., ŘEHÁK, D. Určování prvků regionální kritické infrastruktury. *Spektrum*, 2014, roč. 14, č. 1, s. 56-59. ISSN 1804-1639.

Monografie

- DLABKA, J., DANIHELKA, P., NOVOTNÝ, P., ROŽNOVSKÝ, J., HOLLAN, J., KRIST, J., GAILLYOVÁ, Y., THORSTENSEN, E., BAUDIŠOVÁ, B., DANIHELKOVÁ, K., SUCHÁNKOVÁ, J. *Od zranitelnosti k resilienci: Adaptace venkovských sídel na klimatickou změnu*. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2016. 64 s. ISBN 978-80-87308-32-5.

Certifikované metodiky

DOBEŠ, P., DANIHELKA, P., BAUDIŠOVÁ, B., NOVOTNÝ, P., DLABKA, J., NEŠPOROVÁ, V. Nástroje resilience jako moderní metody snižování rizik katastrof v environmentální bezpečnosti. [Certifikovaná metodika]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2016. Č.př. 21737b/ENV/17. 22 s.

Příspěvky ve sbornících konferencí

NOVOTNÝ, P., DANIHELKA, P., DOBEŠ, P., BAUDIŠOVÁ, B., DLABKA, J., NEŠPOROVÁ, V., HANUSOVÁ, V. Moderní metody snižování rizik katastrof na bázi budování resilience komunit. In *Sborník přednášek XVI. ročníku mezinárodní konference Ochrana obyvatelstva 2017*. Ostrava: SPBI, 2017, s. 135-139. ISBN 978-80-7385-179-8. ISSN 1803-7372.

BAUDIŠOVÁ, B., DANIHELKA, P., GAILLYOVÁ, Y., HOLLAN, J., KRIST, J., DLABKA, J., NOVOTNÝ, P., ROŽNOVSKÝ, J. Projekt Resilience a adaptace na klimatickou změnu v regionálních strategiích. In *Sborník přednášek XVI. ročníku mezinárodní konference Ochrana obyvatelstva 2017*. Ostrava: SPBI, 2017, s. 1-4. ISBN 978-80-7385-179-8. ISSN 1803-7372.

SLIVKOVÁ, S., MARKUCI, J., NOVOTNÝ, P. Vybraná opatření ochrany obyvatelstva v oblasti železniční přepravy. In *Sborník příspěvků z XV. mezinárodní konference Ochrana obyvatelstva 2016*. Ostrava: SPBI, 2016, s. 142-145. ISBN 978-80-7385-171-2. ISSN 1803-7372.

NOVOTNÝ, P. Návrh přístupu k určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury. In *Požární ochrana 2016 : sborník přednášek XXV. ročníku mezinárodní konference*. Ostrava: SPBI, 2016, s. 324-328. ISBN 978-80-7385-177-4. ISSN 1803-1803.

NEŠPOROVÁ, V., DOPATEROVÁ, M., SLIVKOVÁ, S., NOVOTNÝ, P., ŘEHÁK, D. Přístupy k hodnocení kritických prvků území v závislosti na základních lidských potřebách. In *Požární ochrana 2016 : sborník přednášek XXV. Ročníku mezinárodní konference*. Ostrava: SPBI, 2016, s. 311-314. ISBN 978-80-7385-177-4. ISSN 1803-1803.

NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., ŘEHÁK, D., ALMARZOUQI, I., JANUŠOVÁ, L. Proposal of Systems Approach to Critical Infrastructure Determination in European Union Countries, In *Proceedings of the 11th European Conference of Young Scientists and Postgraduate Students (TRANSCOM 2015)*, Žilina: Žilinská univerzita, 2015, pp. 66-74. ISBN 978-80-554-1051-7. ISSN 1339-9799.

SLIVKOVÁ, S., TAŠLOVÁ, J., NOVOTNÝ, P. Návrh kritérií kritičnosti prvků železniční dopravní infrastruktury. In *Sborník příspěvků z XXIV. ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2015*. Ostrava: SPBI, 2015, s. 291-294, ISBN 978-80-7385-163-7. ISSN 1803-1803.

NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., TITKO, M. Návrh modelu pro posuzování kritičnosti prvků železniční infrastruktury. In *Zborník z XII. medzinárodnej vedeckej konferencie*

konferencie doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov (Mladá veda 2015 - Veda a krízové situácie). Žilina: Žilinská univerzita, 2015, s. 161-166. ISBN 978-80-554-1103-3.

NOVOTNÝ, P., ROSTEK, P.: Perspective of Cross-Cutting Criteria as a Major Instrument to Determination of Critical Infrastructure in the Czech Republic, In *HAZOPProceeding of the IX. International Doctoral Seminar 2014*, pp. 141-148. Poland: Zielona Góra. ISBN 978-80-8096-195-4.

NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., ŘEHÁK, D. Transformace průřezových kritérií národní kritické infrastruktury pro potřeby kritické infrastruktury na regionální úrovni. In *Sborník příspěvků z XIII. mezinárodní konference Ochrana obyvatelstva 2014*. Ostrava: SPBI, 2014, s. 127-132. ISBN 978-80-7385-122-4.

ROSTEK, P., NOVOTNÝ, P. Aplikovatelnost stávajících průřezových kritérií na oblast teplárenství. In *Sborník příspěvků z XXIII. ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2014*. Ostrava: SPBI, 2014, s. 302-305. ISBN 978-80-7385-148-4. ISSN 1803-1803.

NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J. Validace limitních hodnot průřezových kritérií krajské kritické infrastruktury v oblasti teplárenství, In *Bezpečnost, spolehlivost a rizika 2014 : XI. ročník mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014, s. 33. ISBN 978-80-7494-110-8.